平成25年9月25日発行（毎月1回25日）　Vol.65　No.9（No.763）　ISSN　2187−851X

一般社団法人日本建設機械施工協会誌

建設機械施工

Journal of JCMA

Vol.65　No.9　September 2013（通巻763号）

大規模土工

土工　特集

会員各位

機関誌の名称変更について

一般社団法人 日本建設機械施工協会

当協会の機関誌は「建設の施工企画」の名称で「建設の機械化」の旧誌名時代を合わせて60有余年にわたり建設機械や機械化施工に関する最新の技術報告や解説などの記事を掲載し，会員の皆様に情報発信や交流の場として親しまれてまいりました。当協会は，平成24年4月に一般社団法人に移行し，名称を日本建設機械施工協会に変更いたしました。また，今年度からは，日本学術会議協力学術研究団体（学会）としての活動を充実するため，投稿原稿（査読付き論文）を募集・審査し，機関誌に掲載することとしました。

そこで，当協会の活動内容がより的確に伝わる名称であり，かつ論文を掲載するのに相応しい名称であることを主眼として，長年親しまれてきた「建設の施工企画」に代わり下記の通り，2013年6月号から「建設機械施工」を当協会機関誌の通称名として使用することとしました。なお，併せて，創刊の年をVol.1として数えたVol.及びNo.も表紙に表示することにしました。今後とも内容の充実をはかるとともに会員の皆様により活発な情報発信と交流の場を提供したいと考えておりますので，引き続きご愛読を賜りたいと存じます。

記

名称（日本語）　一般社団法人日本建設機械施工協会誌
名称（英語）　Journal of JCMA
通称名　建設機械施工

論文募集のご案内

日本建設機械施工協会では，このたび学術論文を審査，公表する準備が整いましたので，論文原稿を募集開始します。募集の概要は，以下のとおりです。なお，詳しいことは，当協会ホームページ，論文投稿をご覧下さい。

当協会ホームページ　http://www.jcmanet.or.jp

★募集対象

建設機械，機械設備または建設施工の分野及びその他の関連分野並びにこれらの分野と連携する学際的，横断的な諸課題に関する分野を対象とする学術論文(原著論文)の原稿でありかつ下記の条件を満足するものとします。

(1) 理論的又は実証的な研究・技術成果，あるいはそれらを統合した知見を示すものであって，独創性があり，論文として完結した体裁を整えていること。

(2) この分野にとって高い有用性を持ち，新しい知見をもたらす研究であること。

(3) この分野の発展に大きく寄与する研究であること。

(4) 将来のこの分野の発展に寄与する可能性のある萌芽的な研究であること。

★部門

(1) 建設機械と機械設備並びにその高度化に資する技術部門

(2) 建設施工と維持管理並びにその高度化に資する技術部門

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし，会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）
日本建設機械施工協会　研究調査部 論文担当
E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp
TEL : 03 - 3433 - 1501
FAX : 03 - 3432 - 0289

平成２５年度 建設施工と建設機械シンポジウム 参加のご案内

会　　期：平成25年11月13日(水)～11月14日(木) （2日間）
会　　場：機械振興会館　地下3階研修－１、2号室、B3－2会議室及び地下2階ホール
　　　　　（東京都港区芝公園３－５－８）
特別講演：『橋梁の維持管理─長寿命化の推進でわかってきたこと─』
　　　　　一般財団法人橋梁調査会　　専務理事　西川　和廣　氏
　　　　　11月　13日　13:00～14:00　於:B2ホール
パネルディスカッション：
　　　　　『これからの情報化施工─社会インフラマネジメントの始まり─』
　　　　　〇コーディネータ：立命館大学理工学部　教授　　建山　和由　氏
　　　　　〇パ　ネ　ラ　ー　：国土交通省技術調査課建設システム管理企画室室長　高村　裕平氏、国土交通省公共事業企画調整課施工安全企画室室長　岩見　吉輝氏、(独)土木研究所先端技術チーム主任研究員　山口　崇氏、コマツ開発本部業務部長　迎野　雅行氏、㈱大林組技術研究所主席技師　古屋　弘氏
　　　　　11月　14日　16:00～17:20　於:B2ホール
発　　表：論文６分野51編、ポスターセッション11編、当協会平成23年度研究開発助成研究成果報告4件、
レセプション：懇親会(2,000円／人)　11月　13日(水)　17:30～
　　　　　会場：機械振興会館地下３階　レストラン・ニュートーキョー
主　　催：一般社団法人　日本建設機械施工協会
後　　援：国土交通省、経済産業省、（独）土木研究所、公益社団法人土木学会、公益社団法人地盤工学会、一般社団法人日本機械土工協会、一般社団法人日本機械学会、一般社団法人日本測量機器工業会、一般社団法人日本建設機械工業会、（株）日刊工業新聞社、（株）日刊建設工業新聞社、（株）日刊建設通信新聞社、フジサンケイビジネスアイ（順不同）
趣　　旨：本協会では事業活動の一環として、毎年、建設機械と施工法に関する技術の向上を図ることを目的に、日頃の研究・開発の成果を発表する「建設施工と建設機械シンポジウム」を開催して参りました。
　協会といたしましては、建設施工と建設機械分野の産学官の専門家相互の情報交換と技術力の研鑽の場を提供できればと願っておりますので、ご多忙中とは存じますが、是非ご参加いただきますようご案内申し上げます。
内　　容：「プログラム」は当協会ホームページをご参照下さい。
参 加 費：会員…2,000円、非会員…3,000円、論文集…2,000円（税込）
申込方法：別紙「参加申込書」にご記入の上、FAXにてお申込み下さい。
＊申込書は当協会ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/）からもダウンロードできます。
申込期限：平成25年11月1日(金)
※本シンポジウムは、「土木学会継続教育(CPD)プログラム認定」の申請を予定しております。
問合せ先：一般社団法人日本建設機械施工協会　シンポジウム実行委員会事務局(水口、直塚)
　　　　　〒105-0011　東京都港区芝公園3－5－8機械振興会館
　　　　　TEL：03-3433-1501　FAX：03-3432-0289

URL　http://www.jcmanet.or.jp/

一般社団法人日本建設機械施工協会　シンポジウム実行委員会事務局　行
FAX：03−3432−0289

平成２５年度 建設施工と建設機械シンポジウム
「 参 加 申 込 書 」

下記のとおり「平成25年度 建設施工と建設機械シンポジウム」への参加を申し込みます。

【注意事項】
○この申込書にて5名までの参加者をお申込み頂けますので、社内・部署内等で取りまとめの上お申込み下さい。
○参加費の「請求書」及び「聴講券」等はお申込者様宛に一括送付致しますので、「聴講券」はそれぞれ参加者にお渡し下さい。「聴講券」は参加者各自、当日受付にご提出下さい。
○参加費は「請求書」に記載の銀行口座へ11月12日迄にお振込下さい（お支払いがシンポジウム終了後となる場合は下記の連絡事項欄に予めご記入下さい）。また、当日現金でのお支払いはご遠慮下さい。
○ご記入頂きました個人情報は、当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護方針）に基づき適正に管理いたします。当協会のプライバシーポリシーは http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm をご覧下さい。

◆シンポジウム参加費

区　分	参 加 費	参加人数	参加費等合計
会　員	2,000 円／人	人	
非会員	3,000 円／人	人	
論文集	2,000 円／部	部	円

◆お申込者

官公庁名／会社名等			
所属部課名			
（フリガナ）申込者氏名			
住　　所	〒		
TEL		FAX	
E-mail			
その他連絡事項			

◆シンポジウム参加者

No.	参 加 者 氏 名	所 属 部 課 名
1		
2		
3		
4		
5		

第７回一般社団法人日本建設機械施工協会研究開発助成対象者の募集について

一般社団法人日本建設機械施工協会（以下「JCMA」という。）は，第７回研究開発助成対象者を下記のとおり公募します。

1. 実施スケジュール

（1）公募期間は，平成25年8月1日から平成25年10月31日までとします。

（2）助成対象者の決定は，平成25年12月中旬頃の予定です。

（3）助成期間は，助成決定の翌日から平成27年3月31日までです。

（4）研究成果報告書を，平成27年6月30日までに提出して頂きます。

（5）研究成果を，「平成27年度建設施工と建設機械シンポジウム（例年11月中旬頃開催）」で発表，又は，JCMAへ論文として投稿して頂きます。

2. 研究開発助成の対象

建設機械又は建設施工（施工に伴う調査を含む）に関する技術開発若しくは調査・試験研究であって，以下のいずれかをその目的として，新規性・必要性・発展性が高いと判断されるものを助成の対象とします。

①施工の合理化

②施工の品質管理

③建設工事における安全対策

④建設工事における環境保全

⑤災害からの復旧及び防災

⑥社会資本の維持管理（保全）技術の向上又は合理化

⑦その他建設機械又は建設施工に関する技術等の向上と普及

3. 研究開発助成の対象者

JCMAより研究開発助成を受けることができる方（以下「助成対象者」という）は，原則として以下のとおりです。

①大学，高等専門学校及びこれらの附属機関に属する研究者及び研究グループ

②法人格を有する民間企業等の研究者及び研究グループ

4. 申請手続きと注意事項

（1）助成を希望する研究者又は研究グループの代表者は申請書（様式―１①②④⑤）（共同研究の場合は様式―１③を追加）に必要事項を記入のうえ，正本１部，写し１部及び電子データを記録した電子媒体を，期限まで（当日必着）にJCMAへ郵送により提出するものとします（なお，セキュリティー上の都合から電子メールによる受付は行っておりません）。また，申請の際に，説明に必要な範囲で参考資料を添付することは差し支えありません。

（2）申込件数は１人（共同研究の場合は１研究グループ）あたり１件とします。

（3）所属される機関において助成等の申請，受入れ機関が指定されている場合等は指定された機関の長又は代表者が申請することができます。

（4）JCMA以外の補助制度，助成制度との重複申請は可能です。但し，JCMAの助成において実施を予定する

内容と他の制度もしくは助成によって実施する研究開発の内容の全てが重複しないようにして下さい。

(5) 助成対象とならなかった場合には申請書及び添付資料等は審査終了後に返却します。

5. 申請書に記載された個人情報及びその他技術情報の利用目的について

申請書に記載された個人情報は，申請者への連絡，情報提供のために使用いたします。

また，取得した個人情報のうち，氏名，所属機関名及び役職名および申請書に記載された研究開発調査名及びその概要等については，当事業の広報のために刊行物，報告書，ホームページ等で公表し，第三者に提供することがあります。

これに同意した上で申請を行って頂きますようお願い申し上げます。

なお，研究開発の概要は公開されることを前提に，300 ～ 400 字で作成してください。

6. 助成金交付手続き

(1) 助成が認められた申請者は助成決定通知受領後，JCMA に請書等の手続き書類（様式―２①～④）を提出して頂いた時点で全額を交付します。

(2) 助成金は手続き終了後にすみやかに助成研究者の指定する金融機関の口座（助成金振込先通知書（様式―２②に記載された口座））に振り込みますが，助成金の受け入れ方法については，予め申請書（様式―１①）にも明記しておいてください。

7. その他

採否の理由等に関しましては，お問い合わせに応じかねますので，ご了承下さい。

（参考）

助成実績

年度	申請数	採択数
平成 19 年度	14 件	2 件
平成 20 年度	8 件	2 件
平成 21 年度	8 件	2 件
平成 22 年度	20 件	2 件
平成 23 年度	22 件	4 件
平成 24 年度	8 件	4 件

〒 105-0011　東京都港区芝公園 3-5-8　機械振興会館２階
一般社団法人　日本建設機械施工協会　研究開発助成事務局
担当　鈴木
TEL：03-3433-1501　　FAX：03-3432-1289
ホームページ（実施要綱・様式のダウンロード）はこちらから
http://www.jcmanet.or.jp/

建設ロボットフォーラム　２０１３
ー　明日の日本を創る建設ロボット　ー

■会　期：２０１３年（平成２５年）１０月１１日（金）１３：００～１７：００
■会　場：公益社団法人土木学会講堂
　　　　（東京都新宿区四谷一丁目外濠公園内、TEL：０３－３３５５－３４４１）
　　　　（ＪＲ中央線、地下鉄丸ノ内線・南北線「四ツ谷駅」下車徒歩５分）
■主　催：建設ロボット研究連絡協議会、公益社団法人土木学会建設用ロボット委員会（順不同）
■参加費：５，０００円
■定　員：１２０名（定員になり次第締め切らせて頂きます。）
■趣　旨：

今般、建設ロボット関連６団体で構成されている「建設ロボット研究連絡協議会」と「（公社）土木学会建設用ロボット委員会」の共同主催による「建設ロボットフォーラム２０１３」を開催することになりましたので、ここにご案内申し上げます。

我が国におけるロボット技術（ＲＴ）、情報処理技術（ＩＴ）などの急速な進歩は、従来極めて困難とされていた建設工事の分野における高度な自動化・ロボット化の実現を可能にし、建設分野における自動化・ロボット化への着実な歩みのもと、建設ロボットに対する社会的ニーズも高まり、その活用が強く望まれています。

また、現在も福島原子力発電所建屋内の内部調査をするロボットや、敷地内の大量ガレキ撤去に無人化施工システムが活躍しています。

このような背景のもと、震災復興に有効な建設機械へのロボット技術の活躍が期待されており、土木・建築をめぐる諸問題を踏まえて建設分野へのロボット導入の課題と将来を展望いたします。

特別講演として、国立極地研究所・石沢賢二先生に「南極観測隊で使用している各種車両と内陸用無人トラクターの開発」と題して南極大陸における内陸輸送自動化システムについてのご講演を頂く予定です。

関連する各分野における関係各位の積極的なご参加を頂きますよう、お願い申し上げます。

～～～～～～～～　建設ロボットフォーラム　２０１３　参加申込書　～～～～～～～～
＊必要に応じて申込書をコピーし、１人１葉でFAX(又はE-mail:forum@jara.jp)にてお申し込み下さい。
一般社団法人日本ロボット工業会　建設ロボットフォーラム事務局 行（FAX：０３－３５７８－１４０４）
申込締切：平成２５年９月３０日（月）必着

(ﾌﾘｶﾞﾅ) 機 関 名	
所属・役職	
(ﾌﾘｶﾞﾅ) 氏　　名	
住　　所	〒
ＴＥＬ	
ＦＡＸ	
E-mail	
必要書類	必要なものに○をお付け下さい。 １．請求書　　２．見積書　　３．納品書　　　　　通ずつ

なお､お申込を確認の後､参加費のお振込銀行口座をお知らせするとともに必要書類･登録証をお送り致します。

＜裏面プログラム＞

― プログラム ―

（都合により講演題目等の一部変更があることをお断りいたします。）

１３：００－１３：１０　＜開会挨拶（１０分）＞

建山和由（立命館大学/土木学会建設用ロボット委員会委員長/建設ロボット研究連絡協議会副会長）

１３：１０－１４：１０　＜特別講演（６０分）＞

題目：南極観測隊で使用している各種車両と内陸用無人トラクターの開発

講師：石沢賢二　氏（国立極地研究所）

要旨：日本の南極観測隊は、昭和基地から約1,000km離れた内陸基地も維持しており、効率的な物資の輸送などに多くの課題を抱えている。それに使用される各種車両などの問題点を述べ、無人トラクターの開発について紹介する。

１４：１０－１５：００　＜土木分野（５０分）＞

題目：メンテナンスロボットの開発と災害対応への取り組み

講師：大石直樹　氏（新日鐵住金(株)）

要旨：平時には社会インフラや生産設備の維持管理に必要な点検・メンテナンスを行わせ、発災時には被災者探索・設備状況把握への活用にも資することのできるロボットの機能面・運用面における課題などについて報告する。

１５：００－１５：１０　＜休憩（１０分）＞

１５：１０－１６：００　＜建築分野（５０分）＞

題目：（仮称）赤坂プリンスホテルの解体工法

講師：市原英樹　氏（大成建設（株））

要旨：特殊な超高層ビル解体工法により、グランドプリンスホテル赤坂（旧赤坂プリンスホテル）の最上部から徐々に解体していく工法について紹介する。

１６：００－１６：５０　＜ロボット分野（５０分）＞

題目：（仮称）災害対応ロボット

講師：小柳栄次　氏（千葉工業大学）

要旨：これまでに開発したレスキューや原発対応ロボットの開発趣旨や技術内容、および今後の建設ロボット開発に関わる課題などについて紹介する。

１６：５０－１７：００　＜シンポジウム案内、閉会挨拶（１０分）＞

新井健生（大阪大学/建設ロボット研究連絡協議会会長/土木学会建設用ロボット委員会委員）

＜＜問合せ先・申込先＞＞

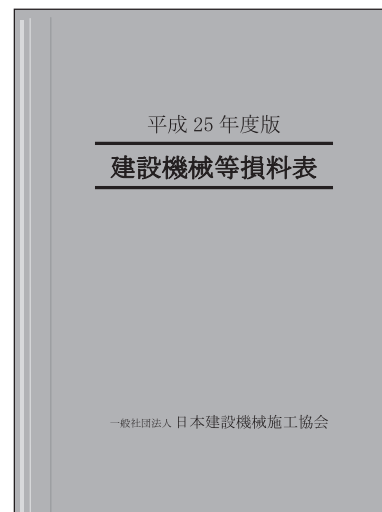
一般社団法人日本ロボット工業会　建設ロボットフォーラム事務局

〒105-0011　東京都港区芝公園３－５－８　機械振興会館

TEL：03-3434-2919、FAX：03-3578-1404、E-mail：forum@jara.jp

平成25年度版 建設機械等損料表

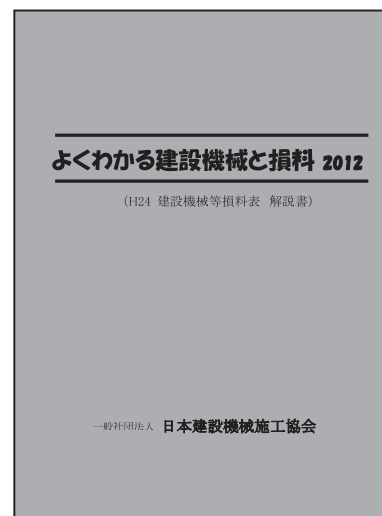
■発　　刊　：　平成25年5月8日
■体　　裁　：　B5判　モノクロ　約682ページ
■価格（税込）：　7,700円（一般）　6,600円（会員等）
■送料（単価）：　600円（沖縄県を除く日本国内）
　＊複数発注の場合は送料単価を減額します。
　＊沖縄県の方は一般社団法人 沖縄しまたて協会
　（TEL:098-879-2097）にお申込み下さい。

■平成 24 年度版に対する変更点
・損料算定表の「諸元」欄を拡大、諸元記載要領も変更し読み易さを改善
・損料算定表の「燃料油種・消費率」欄の記載要領を変更し読み易さを改善
・関連通達・告示に「東日本大震災の被災地で使用する建設機械の機械損料の補正について（通知）」を追加

よくわかる建設機械と損料 2012

本書は平成24年度版 建設機械等損料表の解説書として作成したものですが、平成25年度版 建設機械等損料表の解説書としてもお使い頂けます。

■発刊　：　平成24年5月
■体裁　：　B5判、一部カラー、390ページ
■価格（税込）：　5,460円（一般）、4,620円（会員等）
■送料（単価）：　450円

よくわかる建設機械と損料 2012
（H24 建設機械等損料表 解説書）
一般社団法人 日本建設機械施工協会

■特長
★ 損料用語、損料補正方法を平易な表現で解説
★ 各通達・告示類の要旨を解説
★ 各建設機械の分類コードの体系を図示
★ 各建設機械の概要（機能・特徴）を紹介
★ 主要建設機械のメーカ・型式名を表にして紹介
★ 機械の俗称からも掲載ページ検索が可能

一般社団法人　日本建設機械施工協会

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

橋梁架設工事の積算

平成25年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内∞∞∞

平成 25 年 5 月　 一般社団法人　日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、平成 25 年 4 月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では**「橋梁架設工事の積算　平成25年度版」**を発刊することと致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した**「橋梁補修補強工事積算の手引き　平成25年度版」を別冊（セット）で発刊**致します。

つきましては、橋梁架設工事の設計積算業務に携わる関係各位に是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。　敬　具

◆内容

平成25年度版の構成項目は以下のとおりです。

〈本編〉 第１章　積算の体系
第２章　鋼橋編
第３章　ＰＣ橋編
第４章　橋梁補修
第５章　橋梁架設用仮設備機械等損料算定表
〈別冊〉 橋梁補修補強工事 積算の手引き
（補修・補強工事積算の適用範囲・手順の解説）

◆改訂内容

平成24年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

１．鋼橋編
・大型クレーンによる橋体大ブロック架設歩掛の追加
・橋梁補修（落橋防止システム工、桁補強材取付工、座屈拘束ブレース設置）歩掛の追加
・少数Ｉ桁橋（全断面現場継手溶接工）歩掛の改訂
・積算例題の見直し

２．ＰＣ橋編
・PC ｹｰﾌﾞﾙ工にﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝｼｰｽ使用時の諸雑費率を追加
・PC 橋片持架設工に側径間部吊支保工積算要領の追加
・地覆高欄作業車設備の供用日数算出式を追加
・外ｹｰﾌﾞﾙ PC ｹｰﾌﾞﾙ工のｹｰﾌﾞﾙ組立用架台を諸雑費率化
・架設支保工に基礎用鋼材及び支柱受台数量の算出式追加
・ﾊﾞｲﾌﾟﾚ工法のﾌﾟﾚｷｬｽﾄｾｸﾞﾒﾝﾄ主桁組立工の 7 分割歩掛追記
・積算例題の見直し

●Ｂ５判／本編約 1,100 頁（カラー写真入り）
別冊約　120 頁　　セット

●定価
非会員：8,400 円（本体 8,000 円）
会　員：7,140 円（本体 6,800 円）

※　別冊のみの販売はいたしません。
※　学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせて頂きます。
※　送料は会員・非会員とも
沖縄県以外 600　円
沖縄県　590 円（但し県内に限る）
※　なお送料について、複数又は他の発刊本と同時申込みの場合は別途とさせて頂きます。

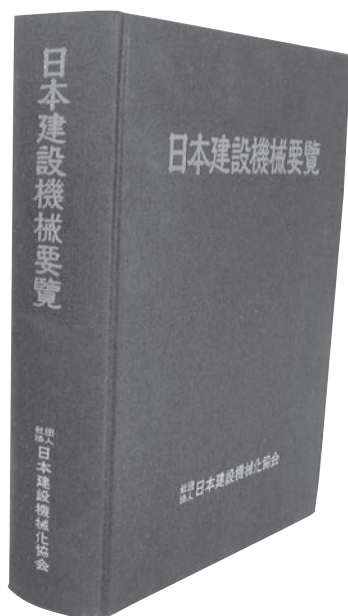
●**発刊　平成 25年 5 月 17 日**

関係部署に回覧ください。

平成25年2月
一般社団法人 日本建設機械施工協会

2013年版
日本建設機械要覧
ご案内

本協会では、国内における建設機械の実態を網羅した『日本建設機械要覧』を1950年より3年ごとに刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

本書は、専門家で構成する編集委員会の審査に基づき、良好な使用実績を示した国産および輸入の各種建設機械、作業船、工事用機械等を選択して写真、図面等のほか、主要緒元、性能、特長等の技術的事項、データを網羅しております。購読者の方々には欠かすことのできない実務必携書となるものと確信しております。

体　　裁

B5判、約1,320頁／写真、図面多数／表紙特製
平成25年3月末発刊

価　　格

価格は次の通りです（消費税5％含む）
会　員　43,050円（本体41,000円）
非会員　51,450円（本体49,000円）
（注）送料は1冊1,050円となります。
（複数冊の場合別途）
「会　員」・・・本協会の会員または、官公庁、学校等公的機関
「非会員」・・・上記以外

特　　典

2013年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版及び2010年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2013年版を含めると1998年から2012年までの建設機械データが活用いただけます。

2013年版　内容目次

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会　行

日本建設機械要覧　2013年版	冊

上記図書を申込み致します。平成　　年　月　日

官公庁名 会社名			
所属			
担当者氏名	㊞	TEL	
		FAX	
住所	〒		
送金方法	銀行振込　・　現金書留　・　その他（　　　　　）		
必要事項	見積書（　　）通　・　請求書（　　）通　・　納品書（　　）通 （　　）単価に送料を含む、（　　）単価と送料を２段書きにする（該当に○） お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

◆ 申込方法 ◆

①官公庁：FAX（本部、支部共）
②民　間：（本部へ申込）FAX
（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）
※北海道支部はFAXのみ
※沖縄の方は本部へ申込

（注）関東・甲信・沖縄地区は本部へ、その他の地区は最寄の下記支部あてにお申込み下さい。

［お問合せ及びお申込先］

本部	〒105-0011　東京都港区芝公園3-5-8　機械振興会館	TEL 03（3433）1501 FAX 03（3432）0289
北海道支部	〒060-0003　札幌市中央区北三条西2-8　さっけんビル	TEL 011（231）4428 FAX 011（231）6630
東北支部	〒980-0802　仙台市青葉区二日町16-1　二日町東急ビル	TEL 022（222）3915 FAX 022（222）3583
北陸支部	〒950-0965　新潟市中央区新光町6-1　興和ビル	TEL 025（280）0128 FAX 025（280）0134
中部支部	〒460-0002　名古屋市中区丸の内3-17-10　三愛ビル	TEL 052（962）2394 FAX 052（962）2478
関西支部	〒540-0012　大阪市中央区谷町2-7-4　谷町スリースリーズビル	TEL 06（6941）8845 FAX 06（6941）1378
中国支部	〒730-0013　広島市中区八丁堀12-22　築地ビル	TEL 082（221）6841 FAX 082（221）6831
四国支部	〒760-0066　高松市福岡町3-11-22　建設クリエイトビル	TEL 087（821）8074 FAX 087（822）3798
九州支部	〒812-0013　福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092（436）3322 FAX 092（436）3323

ご記入いただいた個人情報は、お申込図書の配送・支払い確認等の連絡に利用します。また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）送付に利用する場合があります。
（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm）でご覧いただけます。
当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記□欄にチェック印を付けてください。

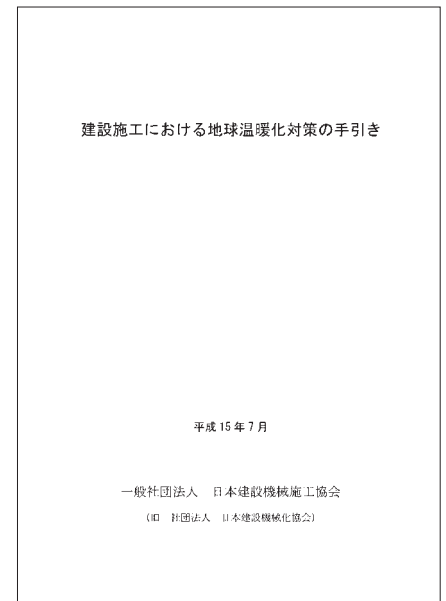
□　当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

増刷出来 !!
建設施工における地球温暖化対策の手引き

当協会では地球温暖化問題を学び，建設施工における本問題を理解し，実践するための必携書として，これらを簡潔に分かりやすく纏めた「建設施工における地球温暖化対策の手引き」を発刊しておりましたが好評を頂き御要望を多く頂いているため，この度急遽コピー版で増刷致しました。本書によって地球温暖化と建設施工における地球温暖化対策を理解し，建設現場での実践に役立てて頂きたく思います。

◇主な内容
・建設施工における工法，資材，建設機械及びその運転方法等について，CO_2 の排出を削減するための一般的な対策手法や留意事項を示した。
・各工種の標準的な工法における CO_2 排出量を算出すると共に，その排出量の削減が可能な対策と削減量を対策効果例として示した。
・国土交通省の土木工事積算システムにアクセスが多く，地球温暖化対策に関連する 8 工種を選定した。

◇掲載工種
土工／法面工／擁壁工／基礎工／仮設工（鋼矢板工）／道路舗装／トンネル工／橋梁工（参考資料のみ）

◇体裁・定価
A4 判，85 頁
定価　会　員　1,470 円（本体 1,400 円），送料 600 円
　　　非会員　1,575 円（本体 1,500 円），送料 600 円
官公庁（学校関係を含む）は会員価格です。

「建設施工における地球温暖化対策の手引き」準拠
地球温暖化対策　省エネ運転マニュアル

本書は「建設施工における地球温暖化対策の手引き」に準拠して作成・発行したもので，地球温暖化対策を実施する際に稼働する建設機械の省エネ運転のための操作方法を，具体的に簡便にイラストを使って分かりやすく記載したものです。是非とも上の「手引き」と併せて利用下さい。

◇主な内容
基本事項，油圧ショベル，ブルドーザ，ホイールローダ，ローラ，ホイールクレーン，クローラクレーン，ダンプトラック，点検整備

◇体裁・定価
B5 判，50 頁
定価　会員・非会員共　525 円（本体 500 円）

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費 ： 年間 9,000円

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同され、建設機械・施工技術に関心のある方であればどなたでも入会頂けます。

★個人会員の特典

○「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊840円/送料別途)。
「建設機械施工」では、建設施工や建設機械に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
○協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。
○シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設機械施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された公益法人です。国土交通省および経済産業省の指導監督のもと、建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。
今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

○建設機械及び建設機械施工に関わる学術研究団体です。(特許法第30条に基づく指定及び日本学術会議協力学術研究団体)
○建設機械に関する内外の規格の審議・制定を行っています。(国際標準専門委員会の国内審議団体(ISO/TC127、TC195、TC214)、日本工業規格(JIS)の建設機械部門原案作成団体、当協会団体規格「JCMAS」の審議・制定)
○建設機械施工技術検定試験の実施機関に指定されています。(建設業法第27条)
○災害発生時には会員企業とともに災害対処にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
○付属機関として「施工技術総合研究所」を有しており、建設機械・施工技術に関する調査研究・技術開発にあたっています。また、高度な専門知識と豊富な技術開発経験に基づいて各種の性能試験・証明・評定等を実施しています。
○北海道から九州まで全国に8つの支部を有し、地域に根ざした活動を展開しています。

■会員構成
会員は日本建設機械施工協会の目的に賛同された、個人会員(個人:建設施工や建設機械の関係者等)、団体会員(法人・団体等)ならびに支部団体会員で構成されており、協会の事業活動は主に会員の会費によって運営されています。

■主な事業活動
・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
・建設機械施工技術検定試験の実施。
・機関誌「建設機械施工」をはじめ各種技術図書・専門図書の発行。
・建設機械と施工技術展示会"CONET"の開催。除雪機械展示会の開催。
・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。 etc.

■主な出版図書
・建設機械施工(月刊誌)
・日本建設機械要覧
・建設機械等損料表
・建設機械図鑑
・建設機械用語集
・地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル
・建設施工における地球温暖化対策の手引き
・建設機械施工安全技術指針本文とその解説
etc.

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます !

http://www.jcmanet.or.jp

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【お問い合せ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3－5－8 機械振興会館

TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3433-0401

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係 行
FAX ：（03）3433－0401

一般社団法人 日本建設機械施工協会会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会個人会員に入会します。

平成　　年　　月　　日

個 人 会 員 入 会 申 込 書

ふりがな		生年月日
氏　名 （自 署）		大正 昭和 平成　　年　　月　　日
機関誌の送付先	A. 勤務先　　B. 自宅　　（ご希望の送付先に〇印で囲んで下さい。） ※「勤務先」に送付の場合は下記（A）の項目に、「自宅」に送付の場合は下記（B）の項目にご記入下さい。	
（A） 勤務先名		
（A） 所属部課名		
（A） 勤務先住所	〒 TEL ＿＿＿＿＿＿　E-mail ＿＿＿＿＿＿	
（B） 自宅住所	〒 TEL ＿＿＿＿＿＿　E-mail ＿＿＿＿＿＿	
その他 連絡事項	平成　　年　　月より入会	

【会費について】 年間 9,000円

〇会費は当該年度前納となります。年度は毎年4月から翌年3月です。
〇年度途中で入会される場合であっても、当該年度の会費として、全額をお支払い頂きます。
〇会費には機関誌「建設機械施工」の費用（年間12冊）が含まれています。
〇退会のご連絡がない限り、毎年度継続となります。退会の際は必ず書面にてご連絡下さい。
また、住所変更の際はご一報下さるようお願い致します。

【その他ご入会に際しての留意事項】

〇個人会員は、定款上、本協会の目的に賛同して入会する個人です。 〇入会手続きは本協会会長宛に入会申込書を提出する必要があります。 〇会費額は総会の決定により変更されることがあります。 〇次の場合、会員の資格を喪失します：1.退会届が提出されたとき。2.後見開始又は保佐開始の審判をうけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。4.1年以上会費を滞納したとき。5.除名されたとき。 〇資格喪失時の権利及び義務：資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。 〇退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。 〇拠出金の不返還：既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

ご記入頂きました個人情報は、日本建設機械施工協会のプライバシーポリシー（個人情報保護方針）に基づき適正に管理いたします。本協会のプライバシーポリシーは http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm をご覧下さい。

一般社団法人日本建設機械施工協会　発行図書一覧表（平成 25 年 5 月現在）

発行年月	図　　書　　名	税込価格	会員価格	送料
H25 年 5 月	橋梁架設工事の積算　平成 25 年度版	8,400	7,140	600
H25 年 5 月	平成 25 年度版　建設機械等損料表	7,700	6,600	600
H25 年 3 月	日本建設機械要覧　2013 年版	51,450	43,050	1,050
H24 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,000	2,000	600
H24 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2012	5,460	4,620	450
H24 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算　平成 24 年度版	5,880	5,000	450
H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック　改訂 4 版	6,300	5,350	700
H22 年 10 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,150		400
H22 年 10 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,150		400
H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,100	1,800	400
H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,310	2,100	400
H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	2,940	2,490	450
H20 年 2 月	除雪機械技術ハンドブック	3,000		600
H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,360	2,800	450
H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,000		250
H16 年 12 月	2005「防雪・除雪ハンドブック」（除雪編）	5,000		530
H15 年 7 月	道路管理施設等設計指針（案）道路管理施設等設計要領（案）	3,360		600
H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,575	1,470	600
H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作技術マニュアル（案）	1,890		600
H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書（案）・機械設備点検整備特記仕様書作成要領（案）	1,890		600
H15 年 6 月	地球温暖化対策　省エネ運転マニュアル	525		250
H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック	6,300	5,880	600
H12 年 3 月	移動式クレーン，杭打機等の支持地盤養生マニュアル	2,600	2,300	390
H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック　平成 11 年度版	7,980		600
H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,200		600
H11 年 5 月	建設機械図鑑	2,625		600
H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル	3,780	3,360	600
H9 年 5 月	建設機械用語集	2,100	1,890	600
H8 年 11 月	Construction Mechanization in Japan 1997	3,150		420
H7 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	9,800	9,300	800
H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,000	5,400	520
H6 年 6 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,000	7,500	500
H5 年 8 月	道路除雪ハンドブック	5,200	4,800	420
S63 年 3 月	新編　防雪工学ハンドブック	10,500	9,450	520
S59 年 11 月	場所打ち杭設計施工ハンドブック	5,145	4,630	460
S59 年 2 月	建設機械整備ハンドブック（エンジン整備編）	6,510	5,859	520
S56 年 12 月	建設機械整備ハンドブック（基礎技術編）	8,400	7,560	520
S55 年 1 月	建設機械整備ハンドブック（管理編）	4,200	3,780	520
	建設機械履歴簿	400		250

購入のお申し込みは当協会 HP　http://www.jcmanet.or.jp の出版図書欄の「ご購入方法」の「図書購入申込書」をプリントアウトし，必要事項を記入してお申し込みください。

http://www.jcmanet.or.jp/

建設機械施工

Vol.65 No.9 September 2013（通巻 763 号）

目　次

土工　特集

◇表紙写真説明◇

大規模土工

写真提供：山﨑建設㈱

やや古いが，国内の大規模土工の事例写真を紹介する。土砂採取場（新潟県）における 12 m³ 級バックホウによる 90 t ダンプトラックへの迫力ある積込み風景である。土取場の部分写真であるが，土取場全体では，多段ベンチ上で 10 ～ 12 m³ 級バックホウ 6 台，6 m³ 級バックホウ 2 台が積込みを行っている。もう国内では観ることのできない景観であろう。

情報化施工により東日本大震災の復興を支援

施工部会情報化施工委員会（委員長：植木睦央 鹿島建設株式会社東京建築支店機材部）は，情報化施工を通じ災害に強く信頼性の高い復興事業を実現できるよう被災３県の施工者や発注者などを支援することとしました。

まずは，一般社団法人日本建設機械施工協会のサイトに復興支援のためのホームページを立ち上げ，情報化施工に対する疑問や現場での困りごとについての相談に応えていくこととしました。次に，復興事業において情報化施工を取り入れ，自社のレベルアップを図ろうと考える施工者を，被災３県の中から募り，業務受注後から竣工までをトータルサポートしていくこととしています。

http://www.jcmanet.or.jp/sekou/hukkou/index.html

平成 25 年度建設機械施工技術検定試験 ─ 1・2 級建設機械施工技士 ─

平成 25 年度 1・2 級建設機械施工技術検定試験を次の通り実施いたします。

この資格は，建設事業の建設機械施工に係る技術力や知識を検定します。

（以下の記載内容は概略ですので，詳細は当協会ホームページを参照又は電話による問合せをしてください。）

1．申込み方法

所定の受検申込み用紙に必要事項を記載し，添付書類とともに郵送。

平成 25 年 2 月 1 日（金）から 4 月 5 日（金）まで，受検申込み用紙等を含む「受検の手引」一式を当協会等で販売します。

2．申込み受付

平成 25 年 3 月 8 日（金）～ 4 月 5 日（金）；終了

3．試験日

学科試験：平成 25 年 6 月 16 日（日）；終了

実地試験：平成 25 年 8 月下旬から 9 月中旬：終了

4．合格発表

11 月下旬

詳細問い合わせ先：
一般社団法人日本建設機械施工協会
試験部
TEL：03-3433-1575
http://www.jcmanet.or.jp

平成 25 年度「関東甲信地区道路除雪講習会」開催のご案内

冬期の道路管理，道路除雪の施工法，除雪機械の安全施工，事故防止等に関する技術を習得し，安全で効率的な道路除雪作業に資することを目的として，今年度も道路除雪講習会を開催します。

関係する方々の多数のご参加を賜りますようご案内申し上げます。

1．開催日時：
平成 25 年 10 月 25 日（金）
10 時 30 分～ 16 時 00 分

2．場　所：
機械振興会館　地下 3 階 B3-1 会議室
住所：東京都港区芝公園 3 丁目 5-8

3．定　員：50 名

4．受 講 料：会員 6,000 円，
非会員 9,000 円

詳細問い合わせ先：
一般社団法人日本建設機械施工協会
除雪講習会担当　水口
TEL：03-3433-1501
詳細は，当協会のホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/）をご覧下さい。

「平成 25 年度版 建設機械等損料表」「よくわかる建設機械と損料 2012」

「平成 25 年度版 **建設機械等損料表**」

■平成 24 年度版からの変更点

・損料算定表の「諸元」欄を拡大，諸元記載要領も変更し読み易さを改善
・損料算定表の「燃料油種・消費率」欄の記載要領を変更し読み易さを改善
・関連通達・告示に「東日本大震災の被災地で使用する建設機械の機械損料の補正について（通知）」を追加

発　刊：平成 25 年 5 月 8 日
体　裁：B5 判，モノクロ，約 682 頁
価　格（送料別途 , 消費税含む）：
会員等　6,600 円，一般　7,700 円

「**よくわかる建設機械と損料 2012**」

平成 24 年度版 建設機械等損料表の解説書として作成したものですが，平成 25 年度版 建設機械等損料表の解説書としてもお使い頂けます。

★損料用語，損料補正方法を平易な表現で解説
★各通達・告示類の要旨を解説
★各建設機械の分類コードの体系を図示
★各建設機械の概要（機能・特徴）を紹介
★主要建設機械のメーカ・型式名を表にして紹介
★機械の俗称からも掲載ページ検索が可能

発　刊：平成 24 年 5 月
体　裁：B5 判，一部カラー，390 頁
価　格（送料別途 , 消費税含む）：
会員等　4,620 円，一般　5,460 円

詳細問い合わせ先：
一般社団法人日本建設機械施工協会
TEL：03-3433-1501
FAX：03-3432-0289
http://www.jcmanet.or.jp/

巻頭言

進化する土工

建　山　和　由

土工とは，建設工事において土を動かす作業の総称である。掘削，積み込み，運搬，敷き均し，締固め等の一連の工程からなり，最も一般的，かつ汎用的な施工法として道路，ダム，空港，宅地をはじめ，数多くの土木工事で昔から行われている。

土工は，土を動かす作業であるから人力で土を動かす工事も土工であるが，近年の工事では建設機械を使って作業を行う場合が多く，そこで使われる機械は土工機械と呼ばれる。油圧ショベル，ブルドーザ，ダンプトラック，転圧用ローラなどはその代表であり，これらの機械を使った土工は，関連技術を取り込みながら，年々進化している。

日本で土工機械が本格的に建設工事で使用されるようになったのは戦後の復興以降である。国土の復興期を経て高度成長期には，様々な土工事の効率化の要求に応えるべく，土工機械は大型化，油圧システムの改良による高出力化が図られたが，1990年代に入ると高度化する情報・通信技術（ICT）を導入し，情報化施工技術として土工機械の高機能化が図られるようになった。オペレータに機械の位置や姿勢に関する情報を提供することにより，作業の効率や精度をあげるマシンガイダンス（MG）や機械の一部の操作を自動で行うことにより，さらなる操作性の改善を図るマシンコントロール（MC）等の技術も一般化しつつある。

これらのICTは，個別の建設機械の高度化に資するだけではなく，土工の全工程の管理にも用いられるようになった。土工は，掘削から締固めに至る一連の工程からなるため，どこか一部の工程のみの効率を上げても他の工程が変わらなければ，全体の効率は改善されない。このため，全体の工程の進捗をICTを活用して把握し，必要最小限の機械の使用で所定の工事量を確保するマネジメント手法の開発も行われるようになった。この手法は，工事に伴う環境負荷を減らすという効果を示してくれている。

土工では，ほとんどの工程で施工の質が問われることはないが，締固めでは，強固で安定した盛土を造るために施工の質の確保が強く求められる。従来の施工では，砂置換法やRIを利用して締め固めた土の密度や含水比を計測することにより，締固めにより造成された盛土の品質を確認していたが，近年は，前述のICTを利用して締固め施工の質の確保が行われるようになってきた。ローラの走行軌跡管理や振動ローラの加速度応答法等の手法である。このうち，前者では，GPSを用いてローラの平面的な位置情報を把握し，操作盤近くに配置したモニターを通じてオペレータに自車の現在位置や各地点の転圧回数に関する情報を提供するもので，これによりオペレータは，決められた転圧回数で確実に土を締め固めることができる。前述のMCの一種であるブレード制御の高度化機能を備えたブルドーザで土を所定の厚さに撒き出す機能と組み合わせることにより，より信頼性の高い盛土を造成することができる。これに対して後者は，振動ローラの加速度応答特性を計測することにより，地盤の剛性を全面にわたり計測する技術で，その情報は盛土構造物の維持管理にも利用される可能性を有している。

一昨年，東北地方をおそった震災や紀伊半島を中心に大きな被害をもたらした台風災害の復旧では，無人化施工技術が導入された。この技術は，工事に伴う二次災害を防ぐため，現場から離れた操作室から建設機械を操作するものであり，油圧ショベル，ブルドーザ，ダンプトラックなどの機械が無線で遠隔操作された。土工は，一般に無人化施工を導入し易い工種といえ，年々技術が向上している。将来は自立制御型の建設ロボットが当たり前のように使われる時代が来るかもしれない。

土工で使われる建設機械は，汎用的な機械が多く，常に現場で使われて，改良が重ねられてきている。その過程で，土工機械は確実に進化している。ここで紹介したものはその一例であり，ICTなどの周辺技術のめざましい発展を取り入れて，そのテンポは年々加速しているように感じられる。今後，益々の進化が期待される工種である。

——たてやま　かずよし　立命館大学　理工学部　教授——

特集>>> 土工

建設ロボット技術に関する懇談会　提言

「建設ロボット技術の開発・活用にむけて　～災害・老朽化に立ち向かい，建設現場を変える力～」

増　竜郎

平成25年4月，前年10月に設立した「建設ロボット技術に関する懇談会」より，‘災害・老朽化に立ち向かい，建設現場を変える力’とのサブタイトルで，提言「建設ロボット技術の開発・活用に向けて」が出された。人口減少・少子高齢化，社会インフラの老朽化，頻発する災害等，我が国を巡る社会情勢，そして，日々進歩する技術，これらを俯瞰し，ロボット技術を始めとする各方面の有識者が集い，今後のロボット開発･活用に向けた方向性が示された。この重要な提言を受け，今，現場と一体となって，分野・省庁の垣根を超え，ロボットの開発・導入に向けた取り組みが，動き始めたところである。

キーワード：建設ロボット，次世代社会インフラ，維持管理，点検･診断，災害対応，遠隔操作，無人化，省力化，ニーズとシーズのマッチング，省庁連携，コンペティション方式

1．はじめに

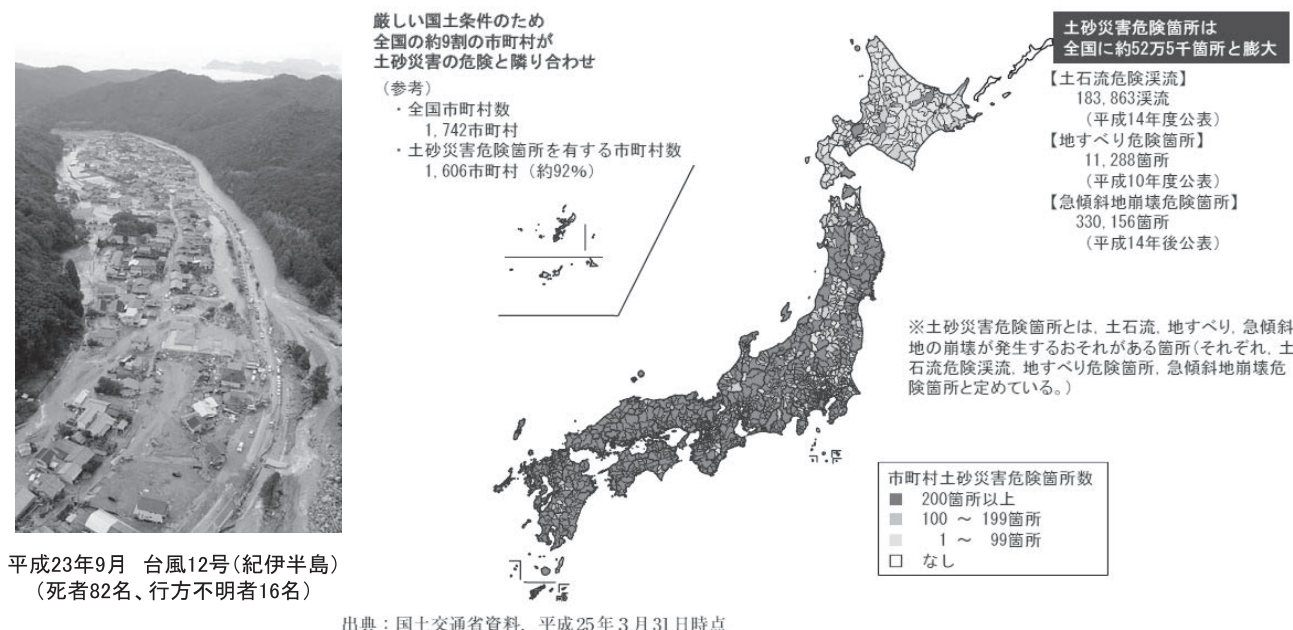
我が国の国土は，気象，地形，地質等の環境がきわめて厳しく，毎年のように水害・土砂災害等の自然災害が発生している。また，地震・火山噴火が非常に発生しやすい地域に位置するため，活発な火山活動に伴う広域的かつ大規模な土砂災害も発生している。この状況の中で，我が国が国際競争力を維持するためには，災害被害からより迅速に復旧する力が求められる（図―1，2）。

また，我が国の社会資本ストックは，今後急速に老朽化が進展し，戦略的な維持管理・更新を行うことが課題となっている（図―3）。

さらに，建設施工・建設産業に関しては，施工効率の向上，熟練技能者不足の解消，危険作業の解消等の問題がこれまでにも指摘されている。

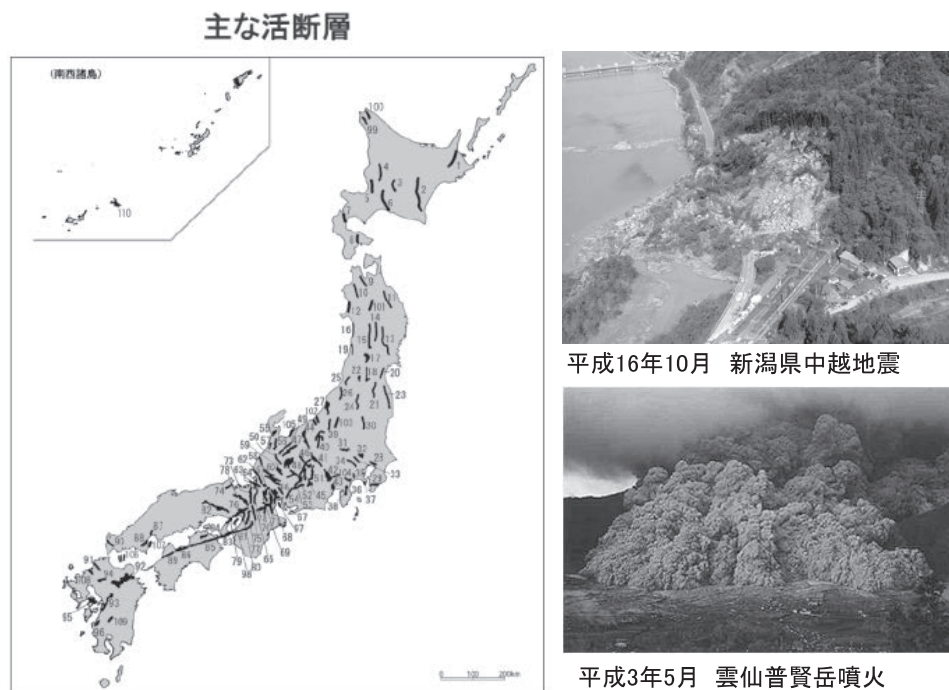
我が国は今後，少子･高齢化，社会資本の老朽化等，人類史上経験のない多くの課題に直面する。これら新たな課題解決に向けて，抜本的な改善提案の構築とその実行に集中的に取り組むことが求められるが，その

平成23年9月　台風12号（紀伊半島）
（死者82名、行方不明者16名）

出典：国土交通省資料，平成25年3月31日時点

図―1　市町村別の土砂災害危険箇所の状況（平成25年3月31日時点，国土交通省資料）

主な活断層

平成16年10月　新潟県中越地震

平成3年5月　雲仙普賢岳噴火

図―２　我が国の海溝と活断層の分布（内閣府資料）

アーチ橋の腐食状況

橋梁下面の添架物の腐食

	H24年3月	H34年3月	H44年3月
道路橋（橋長2m以上）	約16%	約40%	約65%
トンネル	約18%	約31%	約47%
河川管理施設（国管理の水門等）	約24%	約40%	約62%
下水道管きょ	約2%	約7%	約23%
港湾岸壁（水深−4．5m以深）	約7%	約29%	約56%

図―３　建設後 50 年以上経過する社会インフラの割合

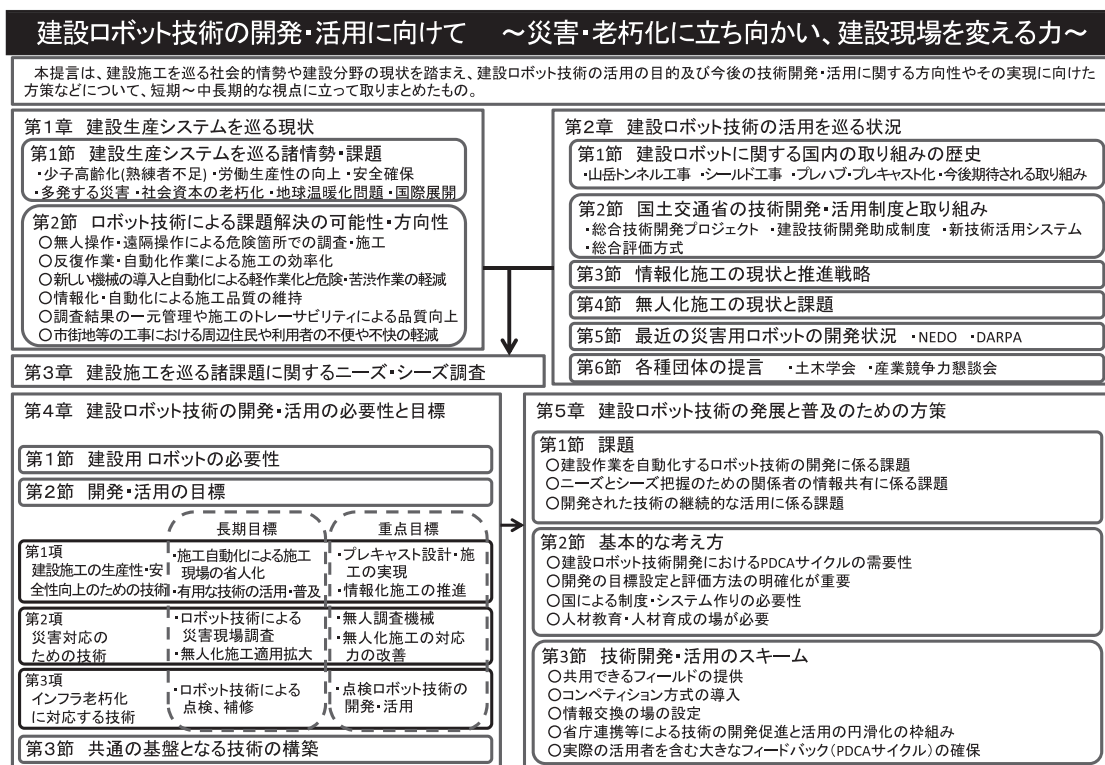
中で技術の担う役割は極めて大きい。特に，近年，電子技術や制御技術，測量技術などが著しく進歩しており，多くの分野で，高度なロボット技術やICTの導入が進められている。

これまで建設施工の分野では，雲仙普賢岳試験フィールド制度等による遠隔操作型建設機械，地下トンネルにおけるシールド掘削機の自動制御技術など，課題の解決のためロボット技術を活用した技術開発が行われてきた。また，総合技術開発プロジェクト「ロボット等によるIT施工システムの開発」等においても，国により建設ロボット技術の調査・開発等が進められてきた。

さらに，平成23年3月に発生した東日本大震災を契機に大規模災害に備える機運が高まり，建設ロボット技術の開発・活用への期待が更に高まっている。

このような状況に鑑み，建設ロボット技術について，今後の調査・開発・活用の方向性やその実現に向けた方策などをとりまとめることを目的に，産学の学識者・有識者に御参画を戴いて「建設ロボット技術に関する懇談会」（以下,「懇談会」という）を設置した。座長を油田信一氏（芝浦工業大学　特任教授）に務めていただき，懇談会における議論を経て，平成25年4月に提言がとりまとめられたところである（**図―4**）。

この提言は，こうした社会的情勢や建設分野の現状を踏まえ，建設ロボット技術の活用の目的および今後の技術開発・活用に関する方向性やその実現に向けた方策などについて，短期〜中長期的な視点に立って取りまとめられており，本稿にて紹介する。

（建設ロボット技術とは：提言および本稿では「建設ロボット技術」を，「建設施工・調査の現場で用いられる機械・機器に，何らかの新しいメカニズムや制御・情報処理の機能を付加することにより，作業の支援や，自動化・遠隔制御化を実現し，効率，精度，安全などの性能向上・課題解決を可能にする技術」ととらえている。）

図―４　「建設ロボット技術に関する懇談会」　提言（全体概要）

2．建設生産システムを巡る現状

建設施工に関しては，「1．はじめに」でも述べたように「少子高齢化（熟練者不足）」，「労働生産性の向上」，「施工現場の安全確保」，「多発する災害」，「社会資本の老朽化」，「地球温暖化問題」，「国際展開」などの課題が指摘されている。

これらの諸課題の解決のために，様々な創意工夫が行われてきており，特に，大規模土工をはじめとして機械力の導入はその生産性・安全性の向上に大きく寄与してきた。

近年では，電子技術や制御技術，測量技術などが著しく進歩しており，多くの分野で，高度なロボット技術や ICT の導入が進められており，建設施工の分野でも，従来の機械技術をさらに高度化して諸問題に対処していく必要がある。

提言では，建設施工における諸問題の解決に資するロボット技術の可能性と方向性として，「無人操作・遠隔操作による，危険箇所での調査・施工」，「反復作業・自動化作業による施工の効率化」，「新しい機械の導入と自動化による軽作業化と危険・苦渋作業の軽減」，「情報化・自動化による施工品質の維持」，「調査結果の一元管理や施工のトレーサビリティによる品質向上」，「市街地等の工事における周辺住民や利用者の不便や不快の軽減」が整理されている。

例えば「無人操作・遠隔操作による，危険箇所での調査・施工」については，災害対応などにおいては，ほとんどの場合，要調査箇所が危険な場所に位置することが多く，無人遠隔操作が可能な調査ロボットを活用することに大きな期待が寄せられている。また，迅速な復旧作業を行う際にも，2 次災害のリスクの中で，施工を可能にする技術として無人化施工技術が活用されているが，今後はさらに効率性の改善やコスト面での改善を進めて行く必要があることが述べられている。

3．建設ロボット技術の活用を巡る状況

提言では，建設ロボット技術の活用を巡る状況について，「建設ロボットに関する国内の取り組みの歴史」，「国土交通省の技術開発・活用制度と取り組み」，「情報化施工の現状と推進戦略」，「無人化施工の現状と課題」，「最近の災害用ロボットの開発状況」，「各種団体の提言」が整理されている。

例えば「最近の災害用ロボットの開発状況」では，国内外での災害用ロボットに関する開発の取り組みとして，独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「災害対応無人化システム研究開発プロジェクト」やアメリカ国防高等研究計画局（DARPA）の「DARPA Robotics Challenge」などを紹介している。

4. 建設施工を巡る諸課題に関するニーズ・シーズ調査

提言をとりまとめるにあたり，懇談会でニーズ・シーズを踏まえた議論を深める必要があった。

建設施工を巡る諸課題の解決に向けた建設ロボット技術に関する施工者側のニーズを把握するため，ゼネコンや専門工事業者などの施工業者８社，また発注者側として現場監督等の経験が豊富な地方整備局等の職員 36 名に対して，各課題・ニーズへの重要度の認識（関心の高さ），取り組み状況等について調査を行っている。

その結果，「少子高齢化（熟練者不足）」，「多発する災害」，「社会資本の老朽化」が重要な課題として指摘された。特に，「社会資本の老朽化」のうち，『点検作業』と『補修作業』については，施工業者，発注者のどちらも関心の高さが伺われた。

次に，ニーズ調査を踏まえ，ニーズに対応する技術シーズ（技術開発の可能性）を把握するため，学識経験者や電機メーカおよび建機メーカ等のロボット関係者に対して，各課題・ニーズへの技術面の評価と収益面から見た魅力等について調査を行った。

その結果，技術面の評価では，いずれも技術的に開発できる可能性があるものの，収益面に課題があり，研究開発の促進や技術の維持を実現できる制度や体制などについての指摘があった。

ニーズ調査とシーズ調査の結果をあわせてみると，「労働生産性の向上」のうち『道路改良』・『築堤護岸』・『道路修繕』，「施工現場の安全確保」のうち『建設機械関連』，「社会資本の老朽化」の『点検作業』，「多発する災害」のうち『状況把握』についてはニーズ側の関心の高さとシーズ側の収益面から見た魅力がともに高いことが伺える。従って，これらの分野においては，ロボット技術の活用による課題解決の早期実現が期待される（図―5）。

庵谷町長大橋（北陸地方整備局 2012.9）
図―５　橋梁の点検作業の実態（事例）

5. 建設ロボット技術の開発・活用の必要性と目標

提言では，ロボット技術を建設分野に導入することの意義（必要性）を，以下の３点に整理している。

一点目が，水中や高所，危険な箇所など人が立ち入れない箇所において，人に代わって作業を行うことである。

二点目は，人が行う作業を支援することにより，または人に代わって行うことにより，省人化を図ることができるとともに，スピードアップなど作業の効率化，安全性や品質・精度の向上等にも資することである。

三点目は，以上の波及効果として，作業による経済活動や日常生活への影響を軽減できることが述べられている。例えば，高所にある設備等の点検作業を点検ロボットで行うことにより，足場が不要となり，交通規制による渋滞が解消できる。

次に，建設ロボット技術の活用目的としては，①建設施工の生産性・安全性の向上，②災害対応，③インフラ老朽化への対応，の３つを設定し，各目的達成の課題とその解決の方向性について整理している。そして，建設ロボット技術による将来像（長期目標）と，それに向けて短期的に達成を目指す重点目標を掲げている。

①建設施工の生産性・安全性向上のための技術活用の将来像（長期目標）については，(1) 施工自動化による施工現場の省人化，(2) 建設機械の自動化や既存を含めた有用な技術の活用・普及が掲げられている。また，短期的（概ね５年後）に達成を目指す重点目標としては（Ⅰ）ロボット技術による省力化が可能なプレキャスト活用型設計・施工の実現，（Ⅱ）情報化施工推進戦略に基づく建設機械の自動化等の推進が掲げられている。

次に，②災害対応のための建設ロボット技術活用の将来像（長期目標）については，(1) ロボット技術による災害現場調査，(2) 無人化施工の適用範囲の拡大，効率の向上及び操作環境の改善が掲げられている。また，重点目標としては（Ⅰ）災害調査ロボットの実用化，(Ⅱ) 無人化施工の対応力の改善が掲げられている。

次に，③インフラ老朽化への対応のための建設ロボット技術活用の将来像（長期目標）については，(1)

ロボット技術による無人点検，補修の高度化が掲げられ，重点目標としては（Ⅰ）点検ロボット技術の開発･活用が掲げられている。

最後に，前出の各技術については，その開発がばらばらにならないように，できるだけ共通化を図り，共通の基盤となる技術をきちんと構築していくことが重要であることが述べられている。

6. 建設ロボット技術の発展と普及のための方策

（1）課題

建設ロボット技術の発展と普及に向けて，現時点での課題については，3 点に整理されている。具体的には，「現場での一品対応を基本とする多様な作業の課題の解決は，そのままでは技術的・投資効果的に実現性が低い」という建設作業を自動化するロボット技術の開発に係る課題である。

次に「課題・ニーズに対して，可能で有効な解決策を見いだす必要があるが，ニーズ・シーズ関係者の情報共有･意見交換が不足している」というニーズとシーズ把握のための関係者の情報共有に係る課題である。

最後に，「既存技術も含め，現場での実用化には，試行・評価して峻別・改善する開発過程を要するが，必ずしも継続的に使用されるとは限らず，継続性が確保されなければ，開発投資も難しい」という開発された技術の継続的な活用に係る課題である。

（2）基本的な考え方

建設ロボット技術の発展や普及に不可欠な基本的な考え方として，以下の 4 点が掲げられている。

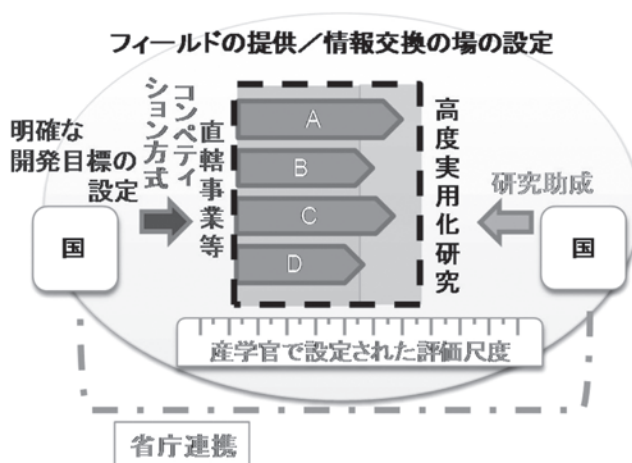
はじめに，機器・技術を使いながら結果をフィードバックして技術を進歩・進化させていく“高度実用化研究”を行うべきであり，そのためには，既存のフィールド提供型などの制度も活用しつつ，国が継続的にフィールドを提供するべきであるという「建設ロボット技術開発における PDCA サイクルの重要性」である。

次に，目標と達成すべき性能を明確化し，達成度と効率・経済性による評価することと，そのために情報共有・意見交換の場と適切な競争環境を整備すべきという「開発の目標設定と評価方法の明確化の重要性」である。

三つ目に，今後戦略的な取り組みをするべき維持管理・老朽化対策の分野や民需の少ない災害対応分野では，直接的な開発投資・助成などの制度や，開発のための情報の蓄積と流通への国の関与が必要という「国による制度・システム作りの必要性」である。

最後に，建設ロボット技術の活用には，人材教育・人材育成は必要不可欠であり，実地のみならずシミュレータ技術も活用すべきという「人材教育・人材育成の場の必要性」である。

（3）技術開発・活用のスキーム

提言では，基本的な考え方を踏まえて，産学官の関係者が建設ロボット技術の発展と普及のために実施すべき技術開発・活用のスキームを提案している（**図—6**）。

図—6 技術開発・活用のスキームのイメージ

一つ目には，「共用できるフィールドの提供」ということで，直轄事業の現場を活用した目標に取り組む仕組みづくりや人材育成の場とする方策の検討などが提案されている。

また，「コンペティション方式の導入」が，技術の高度化を図っていく仕組みとして必要であることや，人材の育成を図る方策としても有効であると述べられている。

さらに「情報交換の場の設定」が提案されている。ロボット関係・建設関係の産学官の多様な関係者による意見交換の場により，建設ロボット技術の中長期的な重点分野，評価基準や明確な目標設定について議論されるべきとされている。

また，コンペティションのための研究助成等については，検討の視野に入れるべきこととして，「省庁連携等による技術の開発促進と活用の円滑化の枠組み」も提案されている。

最後に，建設ロボット技術を高度化してゆくためには，最終ユーザーの活用経験が，遅滞なく開発・研究者に届く仕組みが必要であることから，「実際の活用

者を含む大きなフィードバック（PDCA サイクル）の確保」が提案されている。

7. おわりに

本稿では，建設ロボット技術に関する懇談会の提言について，その概要を紹介したが，懇談会資料と議事概要については，国土交通省のホームページでも公表しているので参照していただきたい。

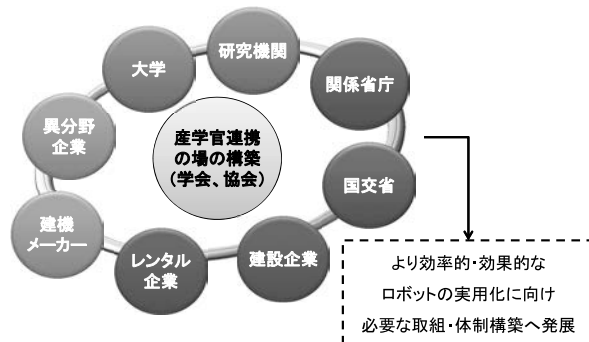
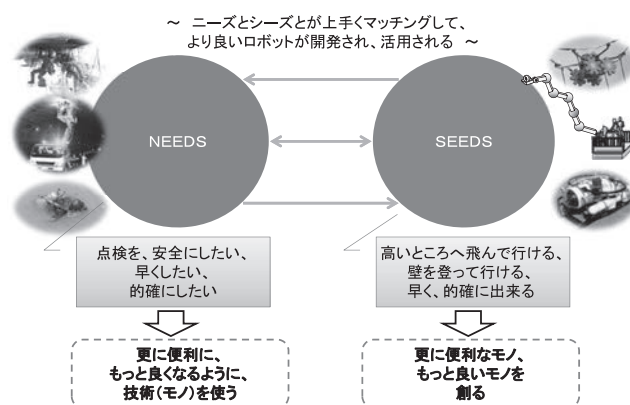
本提言をもって，今後の建設ロボット技術の取り組みがより活発になり，建設産業に従事する人の誇りとなるような技術力の向上を成し遂げ，国民の安心・安全な暮らしを守る一助となれば幸甚である。

本提言のとりまとめにあたっては，油田座長をはじめ懇談会委員の皆様に熱心な御討議を戴いた。また，建設ロボット技術に関するニーズ・シーズ調査において民間や発注者の方々にアンケートやヒアリングの形でご協力をいただいた。本稿の最後に，ご協力いただいた多くの関係者に篤くお礼を申し上げる。

（補足）～現在進行中の取り組みの紹介～

以上に紹介した本提言の実現に向け，既に 2 つの取り組みが始まっている。

まず，6 月 21 日，本提言にある「情報交換の場の設定」に対し，『異分野技術交流会』が設置された。これは，日本建設機械施工協会及び土木学会建設用ロボット委員会の共同主催により，建設分野を始め，防犯や製造，宇宙，消防，農業等のロボットに係わる分野横断的な技術の交流の場として設置された。技術者間の交流を通じ，各技術者のスキルアップと共に，関連技術の統合・融合による更なる効果・効率の高いロボット開発・導入をねらいとしている。オープンな場で，毎月開催し，既に 3 回開催済み（**図― 7**）。

次に，7 月 16 日，本提言にある「省庁連携等による技術の開発促進と活用の円滑化の枠組み」に対し，『次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会』を設置した。これは，国土交通省と経済産業省とが協働で，現場ニーズと共に技術シーズを踏まえ，維持管理及び災害対応に資するロボットの開発・導入を促進するものである。今後，維持管理及び災害対応におけるロボットに係るニーズと共に，既存技術も含めた技術シーズを調査し，年内を目途に，今後のロボット開発・導入の重点分野及び推進方策を明確化する予定である（**図― 8**）。

図― 7 『異分野技術交流会』の全体概要

図― 8 『次世代インフラ用ロボット開発・導入検討会』のねらい

JCMA

《参 考 文 献》

1）国土交通省ホームページ「建設ロボット技術に関する懇談会の提言とりまとめについて」（https://www.mlit.go.jp/report/press/sogo15_hh_000087.html）
2）国土交通省ホームページ「次世代インフラ用ロボット開発・導入検討会」（http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_fr_000022.html）

［筆者紹介］
増　竜郎（ます　たつろう）
国土交通省
総合政策局　公共事業企画調整課
課長補佐

特集>>> 土工

経済産業省における公共・防災ロボット関連施策

北 島 明 文

経済産業省は2035年にロボット産業の国内市場規模が約10兆円になると予測しており，この実現に向けた施策を展開している。中でも社会インフラ，産業インフラの点検・メンテナンスや災害対応の機能を持つロボットは，将来のロボット産業の中で重要な柱のひとつであり，本年6月に閣議決定された日本再興戦略にも，その重要性が記載されている。本稿では，昨今の経済産業省の公共・防災ロボット関連施策を紹介する。

キーワード：公共・防災ロボット，原子力発電所事故，老朽化インフラ，点検・メンテナンス

1. はじめに

ロボットには，用途別に様々な分野があるが，経済産業省が重視する分野は2010年に産業構造審議会が取りまとめた「産業構造ビジョン」[1]に記載されている。産業構造ビジョンには，ロボットへの期待について「少子高齢化による労働力人口の減少や，作業負荷増大への対応の必要性，製品・サービスの質や生産性のさらなる向上の必要性等により，次世代のロボット技術による安全・安心の確保などQOL（Quality of Life）の向上，生産性の向上に対する期待が一層高まっている。」と記載され，特に，老朽化インフラに対する点検・メンテナンスコストが増大する中，作業負担軽減や効率化の観点から，公共・防災分野は生活・福祉分野，製造業分野と並んで重視すべき分野のひとつとされている。

直近では，2013年6月に閣議決定された「日本再興戦略」[2]に，安全で強靭なインフラが低コストで実現されている社会を目指すと記載されている。具体的には，センサやロボット，非破壊検査技術等の活用により，生活インフラ，公共インフラ，産業インフラといった様々なインフラの損傷度等をデータとして把握・蓄積・活用することにより，早期の異常検知により事故を未然に防ぎ，最適な時期に最小限のコストによる補修によってトータルライフサイクルコストが最小化されている社会の実現を目指す。なお，ここで取り上げられているロボットは，トンネル，橋梁，ダム，石油化学プラント，原子力発電所などの人間が直接進入して点検・メンテナンスを行うことが困難なインフラにおいて，各種検査機器を搭載し，自律的又は遠隔操作で人間の代わりに進入する移動体を指す。これらのロボットは，本稿では「公共・防災ロボット」と記す。

経済産業省では，公共･防災ロボットを含めたロボット産業全体が，2020年には約3兆円，2035年には約10兆円になり，その中でも公共・防災ロボットは，2035年には約5000億円の市場規模になると予測している[3]。一方で，2013年7月に公表した「ロボット産業の市場動向調査結果」[4]では，公共・防災分野のロボットの足下の市場規模は10億円程度であり，予測に到達するには，さらなる取組が必要である。

以下では，これまでの経済産業省の施策で表彰や開発を行った公共・防災ロボットについて紹介する。

2. ロボット大賞

経済産業省では，その年に最も活躍したロボットを「ロボット大賞」として表彰している。その中には公共・防災ロボットを表彰する「公共・フロンティア部門」を設けており，これまでに以下の6つのロボットが受賞している。

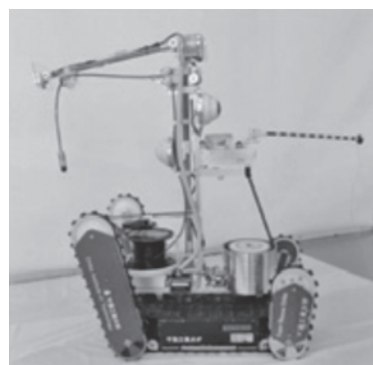
- 従来の建設機械にロボットを搭載して建設機械を遠隔操縦する「遠隔操縦用建設ロボット（国土交通省，㈱フジタ）」（2006年）（**写真―1**）
- 消防士の近づけない現場での放水や撮影を行う「消防ロボット（㈱小松製作所ほか）」（2007年）（**写真―2**）
- ファイバースコープ自体に駆動力を持たせ，倒壊家屋等での狭い隙間をより深部まで調査可能とした

「能動スコープカメラ（東北大学，国際レスキューシステム研究機構）」（2008 年）（**写真― 3**）
・遠隔操作で災害現場の情報収集を行う「消防用偵察ロボット　FRIGO-M（三菱特機システム㈱，総務省）」（2010 年）（**写真― 4**）
・後述する「原発対応ロボット Quince（千葉工業大学）」（2012 年）（**写真― 5**）
・人間による施工が困難な災害現場等において遠隔操作で工事を行う「次世代無人化施工システム（鹿島建設㈱，㈱熊谷組）」（2012 年）（**写真― 6**）

写真― 1　遠隔操縦用建設ロボット（国土交通省，㈱フジタ）

写真― 2　消防ロボット（㈱小松製作所ほか）

写真― 3　能動スコープカメラ（東北大学，国際レスキューシステム研究機構）

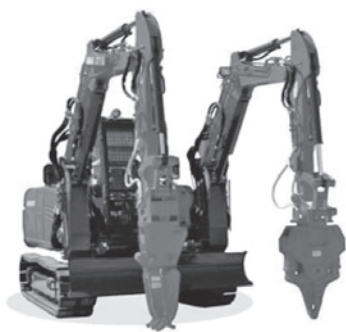
写真― 4　消防用偵察ロボット　FRIGO-M（三菱特機システム㈱，総務省）

写真― 5　原発対応ロボット Quince（千葉工業大学）

写真― 6　次世代無人化施工システム（鹿島建設㈱，㈱熊谷組）

公共・防災ロボットは普段目に触れる機会が多いものではないため，その製品の存在自体が世に知られていない場合が多く見受けられる。ロボット大賞では，そのようなロボットに光を当て，事業化の後押しを行っている。

3. 戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト

平成 16 ～ 20 年度には「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」を実施し，小型先行調査ロボット「Quince（千葉工業大学）」，双腕建設機械「Astaco Neo（日立建機㈱）」（**写真― 7**）といった公共・防災ロボットを開発した。

Quince は元々，都市部において地震により瓦礫や地下街の中に閉じ込められた環境を想定し，閉鎖空間内を先行して調査する目的に開発された。瓦礫の上は不安定でランダムな凹凸が続き，クローラーであっても極めて走行が困難だが，Quince は機体全体をクローラーで包むような構造を採り，さらにクローラーの素材や形状に工夫を加えることで，瓦礫上の高速走行を可能にした。その性能は世界でも評価が高く，2009 年にはロボカップレスキュー世界大会の運動性能の部

写真―7 双腕建設機械 Astaco Neo（日立建機㈱）

門で優勝している。また，これまでの同系統のロボットは，移動機構と機能部分（アーム，センサ等）が一体として開発されたために多様な災害現場に対して汎用性が乏しかったが，Quince は移動プラットフォームに特化して開発され，機能部分の後付け・換装が可能になっている。

Quince は 2011 年 6 月に福島第一原発事故収束作業に投入されたが，この運動性能と汎用性の高さが重宝された。急傾斜の階段を昇降できるロボットは Quince だけであり，2011 年 10 月には 2 号機原子力建屋の 5 階まで昇って各階の損壊具合や放射線量を明らかにした。また，Quince には遠隔操作用の複数のカメラや慣性センサ，ケーブル，ケーブル巻き取り装置等，投入目的に合わせて様々な機器が搭載され，Quince の上部はこれらの機器で埋め尽くされたが，それでも運動性能を落とさずに走行できた。福島第一原発に最初に導入されたのは，米軍で豊富な運用実績を持つ PackBod（米 iRobot 社）だったが，Guince は PackBod では不可能な活動を担い，事故収束作業に大いに貢献した。

Astaco Neo は，13 トン級中型ショベルカーをベースとして開発され，双碗の片方が瓦礫を持ち，もう片方がそれを切断，積み上げる等，1 台で複数の複雑な作業を効率よくこなす機能を持つ。平時においても，ビル解体工事，廃棄物分別の安全・高効率化を可能とする。現在，Astaco Neo をベースに，日立エンジニアリング・アンド・サービスと日立建機が共同で，より小型化した原子力災害対応用双腕重機型ロボット「Astaco-SoRa」を開発し，2013 年から福島第一原発内で瓦礫の撤去，機材の搬送，遮蔽体の設置などに用いることを目指している。

4. 災害対応無人化システム研究開発プロジェクト

福島第一原発事故収束作業には 10 年オーダーの時間が必要とされており，本事業では，この早期化を目的として，原発関係者からのニーズに基づき，下記のロボットや関連技術を開発した。

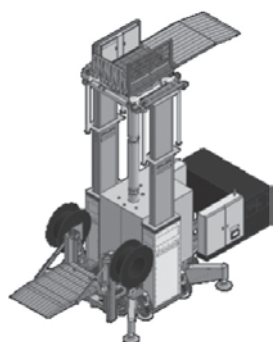
「小型高踏破性遠隔移動装置」（**写真―8**）として，Quince の後継機となる Sakura と Tsubaki を開発した。Sakura は，Quince よりも旋回半径が小さく，より狭い階段の踊り場の通過が可能となっている。特に福島第一原発原子力建屋内の階段は，1 階から昇る階段よりも地下に降りる階段のほうが狭く，Sakura はこれを通過できる設計になっている。また，300 m 引き出し可能なケーブル自動巻き取り装置をオプションとして開発しており，これは，2011 年 10 月に Quince がケーブル切断により機能停止した際の反省を活かした改良がなされている。もう一方の Tsubaki は，周囲の放射線計測を面状に行うことができるガンマカメラという計測機器を積み込むための 90 kg のペイロード能力を持ち，なおかつ Quince と同様に急傾斜の階段を昇降できる。また，これらのロボットが放射能で汚染され，人間によるメンテナンスが困難になる状況を想定し，最もメンテナンス頻度の高い充電と機体洗浄を自動で行うオプション機器を開発した。これによって，ロボットを汚染地域に長期間放置したままで

写真―8 小型高踏破性遠隔移動装置（㈱移動ロボット研究所）

の運用が可能になる。

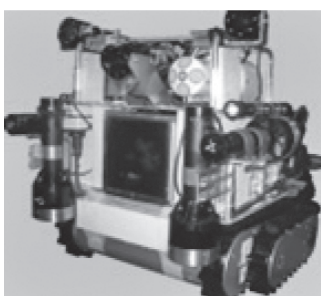
「狭隘部遠隔重量物荷揚／作業台車」（**写真―9**）として，8 m の高所に 7 軸自由度アームを持ち上げ，バルブ開閉等の作業を行えるロボットを開発した。このロボットはアームの手先を様々なツールに変えることで，バルブの開閉だけでなく障害物の切断，除染，各種センシングなど多様な作業が可能となる。原子力建屋のフロアの天井は非常に高く，天井付近で無人作業を行うには，このロボットが必須となる。

「重量物ハンドリング遠隔操作荷揚台車」（**写真―10**）として，4 トンの重量を垂直に 30 m 上昇できる荷揚台車を開発した。原子力建屋は爆発によって階段が破損し，ロボットでも昇降できない箇所が多い。その場合でも，建屋内の吹き抜けを利用して，上階へロ

写真―9　狭隘部遠隔重量物荷揚／作業台車（三菱重工業㈱）

写真―10　重量物ハンドリング遠隔操作荷揚台車（㈱東芝）

ボットや器材・建材を無人で上階へ運搬することを目指す。

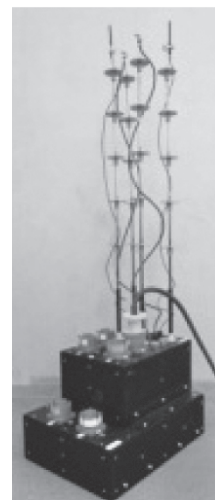
「水陸両用移動装置」（**写真―11**）として，透明度の低い水中であっても，超音波を用いてある程度の外界認識ができ，かつ，流速計を搭載して漏水箇所の特定を行うロボットを開発した。原子力建屋の地下フロアでは格納容器の割れ目から漏れた冷却水が溜まり，さらに地下フロアの隙間から地下水が流入しているため，格納容器に安定的に水を張って燃料回収を安全に行うためには，これらの漏水箇所を塞ぐ必要がある。このロボットは，こうした漏水箇所特定に役立つ。

放射線量がある程度低く，有人で作業を行う環境では，今回開発した「災害対策用ロボットスーツ」（**写真―12**）が役立つ。有人作業の際，放射線を遮断する鉛やタングステンを防護に用いることがあるが，こ

写真―11　水陸両用移動装置（㈱東芝）

写真―12　災害対策用ロボットスーツ（CYBERDYNE ㈱）

れらの金属板は数 10 kg の重量があり，着込んで移動することはほぼ不可能である。一方でこのロボットスーツは金属板の重量を支えるだけのパワーアシスト機能を持っており，金属板を着込んだまま通常通りの作業を行うことができる。

ロボットの運用面についても，当初から考慮に入れた開発を行っている。現状の有線通信での運用では，ケーブル重量がロボットのペイロードを圧迫し，かつケーブルが切れるリスクも大きい。無線通信での運用は当然考案されたが，原子力建屋内では，厚いコンクリート壁などが障害となって既存の無線通信システムは役に立たない。そこで，複数の小型無線中継局を有線で接続した形の無線通信システム（**写真―13**）を開発した。各中継局は，建屋内に通信死角がないように配置され，常にロボットは最寄りの中継局と通信ができる状態を維持して運用する。中継局自体の設置は，遠隔操作ロボットを用いて行うことを想定しており，完全に無人で無線通信インフラ敷設を行うことを想定している。

このほか，遠隔操作インターフェースの共通化や，

写真―13　無線通信システム（㈱日立製作所）

事故現場の3次元マッピング技術等を開発しているが，これらを組み合わせて運用することで，事故収束に必要な情報を早期に収拾し，作業の前倒しを促したい。

5. 今後の取組に向けて

今後の公共・防災ロボットの開発・実証は日本再興戦略に沿って行う。口火を切る取り組みとして，本年7月，国土交通省と経済産業省は共同で「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」を設置しており，12月には開発の重点分野を定め，翌3月にロボットの実証フィールドを選定する。

これらの取組の短中期的な狙いは，新技術を用いた老朽化インフラの経済的な点検手法の実用化であるが，長期的には，その手法を国内外で産業化し，新市場を開拓することにある。新市場開拓のための最大の課題は，制度や技術ではなくコストにあり，既存手法にコストで勝つためには，特定の現場だけに特化した「特殊化」を行ってはならない。特殊化される場合，開発者はただ特定のニーズを聞いてその通りに作ればよく，技術的挑戦と満足感が得られるが，一方で，コストや将来の販売方針を熟考する必要がなくなり，「事業化まで見据えた研究開発」という観点で難易度が大幅に下がるため，多くの開発者が安易な特殊化に走ってきた。その結果，最初の顧客からは一時的に高評価が得られるかもしれないが，他の顧客を開拓できない，高コスト体質が改善されない，最初の顧客へ安定供給ができない，事業を続けられない，という悪い流れに乗ることになる。特定の現場と付きあって開発する場合，ニーズを吟味して，そのニーズに応える必要があるのか，応えることで生じるコスト増や汎用性の減少が生じないかを検討すべきである。

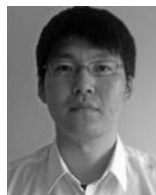
日本のものづくりが「技術で勝って市場で負ける」と言われて久しいが，公共・防災ロボットにおける特殊化は，この言葉を忠実に再現しているように感じられる。経済産業省を含め開発者側は，特定の現場のニーズに応えるだけという一時的な満足感に甘んじることなく，将来の市場を見据え，新市場開拓の産みの苦しみを味わいながら開発に当たる必要がある。

JCMA

《参考文献》

1）産業構造ビジョン p.174　2010年6月　経済産業省
2）日本再興戦略 p.75　2013年6月　日本経済再生本部
3）ロボットの将来市場予測　2010年4月　経済産業省
4）ロボット産業市場動向調査　2013年7月　経済産業省

［筆者紹介］
北島　明文（きたしま　あきふみ）
経済産業省
製造産業局　産業機械課
課長補佐

特集>>>　土工

ローラ加速度応答法による盛土品質管理
高速道路の盛土施工における活用事例

中　村　洋　丈

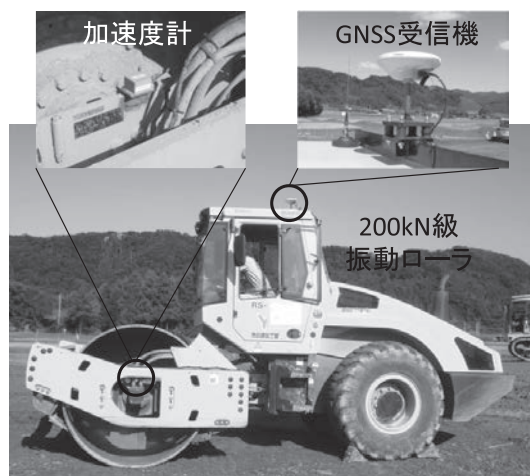
盛土の品質管理方法は，取り扱う土量の増大やより高品質な盛土構築のために発展してきた。従来は締固め度で管理されていたが，最近では本来盛土に必要な地盤剛性を直接計測できるローラ加速度応答法の適用が試みられている。ローラ加速度応答法は，位置情報と連動することで，リアルタイムにかつ面的に地盤剛性の状況が把握できるメリットがあり，高速道路では路床や盛りこぼし橋台盛土地盤への適用を検討してきた。ここでは，この手法を実際の現場で試験施工から日常管理まで適用した事例を示し，それらの結果より基準化したローラ加速度応答法を用いた品質管理の適用方法や計測値の評価方法について紹介する。

キーワード：ローラ加速度応答法，盛土，品質管理，高速道路

1．はじめに

高速道路における盛土技術は，各地域の多種多様な土質材料に対応するため，施工前には試験施工を実施し，材料の特性と施工方法，品質管理方法を逐次検討しながら発展してきた。現在の高速道路建設は，第二東名・名神に代表されるような急峻な山岳部を通過する路線が多く，高盛土や大規模盛土の施工が多くみられ取り扱う土工量も飛躍的に増大しており，より一層の効率化，高品質化が求められている。このような背景から，施工機械の大型化や締固めの厚層化が導入され，盛土の品質管理についても新たな試みがなされている。

高速道路盛土の品質管理は，昭和62年にラジオアイソトープによるRI計器が実用化された。このRI計器を用いた現場密度測定は，それまで計測の結果に1日かかっていたものが数分で完了する画期的な技術であった。品質面でもそれまで砂置換法では数点のみの管理であったが，15点の平均値による多点管理となり，ある程度の面的な管理が可能となった。RI計器は一般的な盛土の標準管理方法として定着した[1]。また，最近では前述したように盛土の大規模化に伴って作業範囲の増大や場所によっては数百万 m^3 の土量を扱う現場も珍しくない。このような現場ではさらなる品質向上や効率化が求められている。こうした背景を受けて，平成13年には他機関に先駆けて，面的管理による品質管理の試みとして，GPSを利用した転圧回数を管理する盛土の締固め管理システムを導入した[1]。

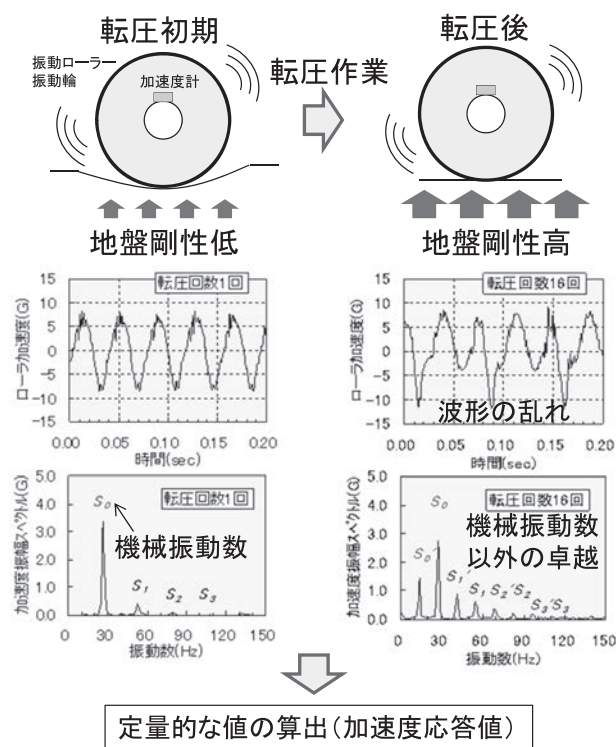
こうして品質管理手法は発展してきたが，これまでは密度による管理が中心である。一方，道路土工指針[2]では，盛土についても性能規定型の設計を指向するとしており，本来盛土に必要な強度や変形性能を直接的に計測・管理しようとする試みを行われてきている。そのひとつとして，NEXCOでは平成10年頃から振動ローラに取付けた加速度計による地盤反力の応答値を利用した地盤剛性手法[3]（以下，「ローラ加速度応答法」という。）による品質管理が試みられてきた（**写真─1**）。ローラ加速度応答法は，地盤の状況を変形係数の強度指標として表せることが大きな特徴であ

写真─1　振動ローラの加速度計取り付け状況

り，これまでに加速度評価の理論，材料別の適用性，締固め度に替わる新たな品質管理の適用性等が，試験施工により検討されてきた。NEXCO では平成 19 年 8 月に土工施工管理要領に路床検査のプルーフローリングに代わる手法としてローラ加速度応答法が基準化され，同時に試験法も定められた。これを契機にローラ加速度応答法の導入が増加しているが，受注者の提案により従来の RI 管理の補完として行われている程度で本格的な導入事例は少ない。これは実施工レベルの施工管理に適用する場合の基準が明確でないことも一因であったため，NEXCO においては，品質管理基準を平成 24 年 7 月に定めている [1] ところである。

本文では NEXCO におけるこのローラ加速度応答法の適用事例を紹介するとともに，盛土品質管理への適用，今後の課題について述べる。

2. ローラ加速度応答法の原理

ローラ加速度応答法とは，振動ローラの振動輪に設置した加速度計により，転圧時に地盤からの加速度を計測し，周波数分析することにより，地盤の剛性評価を行う計測方法である。ローラ加速度応答法の測定原理を**図— 1** に示す。転圧初期の地盤剛性が低い段階では，加速度計で計測される加速度は，振動ローラの振動特性と同様な周波数特性を示すため，その波形は比較的きれいな正弦波の形状を示す。一方，転圧作業

図— 1 ローラ加速度応答法の概念図

が進み転圧作業後の地盤剛性が高い段階では，加速度計で計測される加速度の波形は乱れる。この波形を周波数分析すると，高調波のスペクトルが卓越してくる特性がある。この性質を利用し，地盤剛性を加速度波形の乱れの状態「加速度応答値」として定量的に示す指標である。主な特徴は以下の 3 点である。

①本来盛土に必要な剛性を直接的に評価できる。

② GNSS と連動すれば，リアルタイムにかつ施工ヤード全面の管理が可能である。

③従来の密度計測に比べて，施工しながらに品質管理。

加速度応答値は，数秒に 1 回の計測が可能で，施工機械の位置情報をリアルタイムで取得できる GNSS と連携すれば，振動ローラのオペレータが施工しながらに，施工位置と加速度応答値をリアルタイムかつ施工ヤード全面にわたっての計測が可能であり，かつ施工しながらに計測を完了する利点がある。

3. ローラ加速度応答法を用いた試験施工事例

NEXCO ではローラ加速度応答法の「地盤剛性」を計測できる特徴を生かせる品質管理として，含水比が低く比較的均一な良質材料を用いて施工し，CBR や変形係数等の強度や変形特性が求められる施工部位への適用が最適ではないかと考えている。具体的には，盛土仕上り後にたわみ量で間接的に盛土の剛性を確認している路床や，杭の抵抗に必要な盛土の変形係数の規定を設けている盛りこぼし橋台盛土地盤（以下，盛土地盤という。）への適用である。以下に計測事例を紹介する。

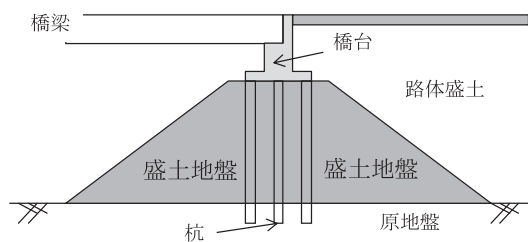
（1）盛りこぼし橋台盛土地盤への適用

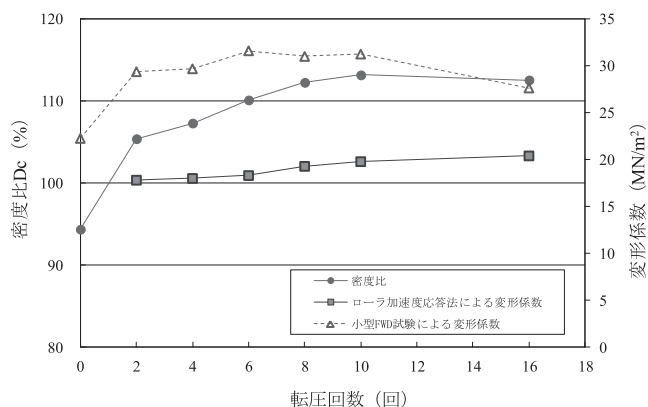
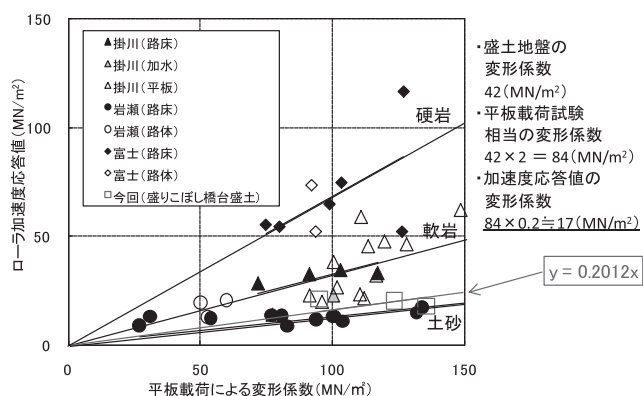
第一は盛土地盤の事例である。盛土地盤とは**図— 2** のように，盛りこぼし橋台を支持して杭の横方向の抵抗地盤となる盛土された人工的な地盤である [4]。橋台延長を短くできることや，現地発生土を利用できるので経済性や土量計画の面から採用事例が増えている。杭の設計では盛土地盤の変形係数が求められるので，品質管理で直接的に変形係数を計測できる意義は大きい。ここで紹介する事例は，盛土地盤の施工において，試験施工から日常的な品質管理までローラ加速度応答法を適用した事例である。盛土地盤の完成イメージを**写真— 2** に示す。盛土地盤は橋台下面までの高さ約 13 m，土量約 25,000 m^3 である。施工層数は 51 層，モデル施工は盛土地盤施工位置に 20 × 30m のヤードで実施して品質管理手法を決定し，その後，本施工を行った。盛土材料は {GS-F} 細粒分混じり砂質礫に分

図―２　盛りこぼし橋台盛土地盤の構造図

写真―２　盛土地盤の完成イメージ

図―３　転圧回数と密度及び変形係数

図―４　平板載荷試験と加速度応答法の変形係数

類され，自然含水比 16.6 %，礫分 71.9 %，砂分 16.1%，細粒分 12.0%，突固め試験 E 法における最適含水比 15.8 %，最大乾燥密度 1.946/cm^3，修正 CBR62.2%であった。

試験施工では，各転圧回数において RI 計器による密度・含水比の計測，沈下量の計測，小型 FWD 試験，ローラ加速度応答法の計測に加えて，転圧回数 2，8，16 回において地盤の平板載荷試験（JGS1521）を行った。加速度応答値は，2 m × 2 m のメッシュで計測された値で，平板載荷試験から求まる地盤の変形係数との相関，転圧回数ごとに RI 計測結果との比較，全面計測した値の統計分布整理を行った。なお，施工機械は 200 kN 級振動ローラ，施工厚 20 cm，密度比の基準値は RI 計測 15 点の平均値で 97%以上である。**図―３**に転圧回数と締固め度，各試験の変形係数の関係を示す。敷き均し時に密度比 94.3%，2 回転圧時には 105.4%となり密度の基準値 97%以上を満足している。8 回転圧付近で密度比が収束している。密度比が高いのは現場転圧が室内試験の突固め試験よりも相当大きなエネルギーであるからと考えられる。加速度応答値，小型 FWD の値ともに転圧回数に応じて微増である。**図―４**に加速度応答値と平板載荷の変形係数の相関を示す。なお，この図はこれまでの試験結果も併記している。これまでの試験結果によれば，加速度応答値と変形係数の相関関係は，土質の軟硬によって異なると考えられる。相関関係が直線関係と仮定すると，土砂材料では相関の係数が低く，硬岩では高い傾向がある。今回の材料では土砂と軟岩の中間付近の傾向を示し，試験数は少ないが，相関の係数は「加速度応答値 ≒ 0.2 ×平板載荷の変形係数」の関係がみられた。盛土地盤の変形係数の規定値が 42 MN/m^2 であるので，加速度応答値にあてはめると 17 MN/m^2 となる。

日常管理では GNSS による位置情報と加速度応答値を連動されることにより，**図―５**に示すよう加速度応答値（変形係数）の分布図で管理することができる。分布図をみれば，加速度応答値の低い箇所を視覚的に把握でき，弱部の即時是正など施工全面にわたる管理が可能である。また，日常管理の分布図に示すように，メッシュの数だけ加速度応答値も計測可能で，施工最終の計測値だけでも数百～数千の計測値が得られる。この膨大な数の計測値に対して統計的な処理を加えて，日ごとの全面の平均値を算出したものが**図―６**である。図には含水比の計測結果も併記している。これをみると，加速度応答値と含水比の増減は同様な傾向を示している。含水比の変化は数%～ 10%の間であるが，加速度応答値は 10 ～ 80 の値を示している。このように加速度応答値は含水比の影響を受けている

図―5 加速度応答値の分布図

図―6 施工層ごとの加速度応答値

とはいえ，材料の含水比状態には注意が必要であるが，**図―4**で平板載荷試験との関係により求めた規定値 17 MN/m^2 より，ほとんどの値は大きくなっている。

(2) 路床の最終検査への適用

路床設計では，地盤の変形係数（剛性）の代わりにたわみ量を規定することにより，路床面が舗装を支持できるかどうか判断している。施工では上部路床の仕上り後に，仕上り面の全体にわたって所定の重量を積載したダンプで走行して，路床面にたわみやわだちが

図―7 路床の最終検査への適用例

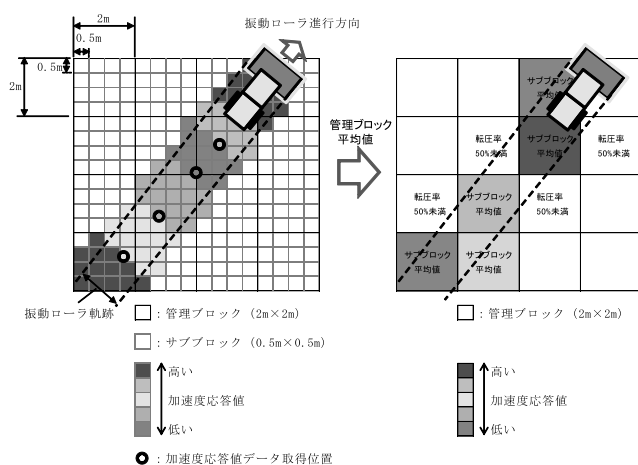
生じないかチェックするプルフローリングが行われる。この検査は監督員が実際に走行するダンプの近傍で目視によって路床面の状況を確認する，目視で問題がありそうな箇所はたわみ試験で確認するものである。したがって，仕上り全面を確認するには，かなりの時間と労力を要する。一方，**図―7**はローラ加速度応答法によって得られた加速度応答値（剛性）の分布である。ローラ加速度応答法では，施工と同時に剛性も計測することになるので，即座に面的な剛性分布が把握可能であり，かつ基準と照らし合わせて定量的な判断ができる。

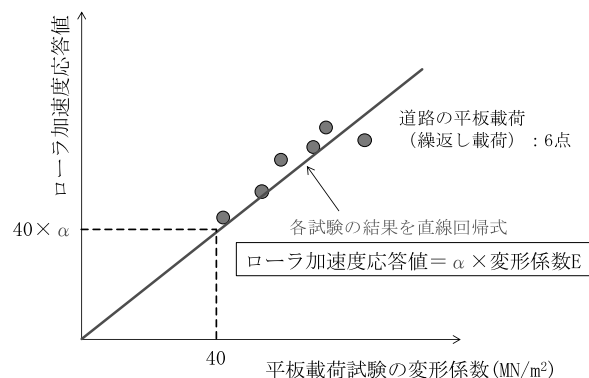
4. ローラ加速度応答法を用いた盛土品質管理の活用

ローラ加速度応答法は，計測手段としては普及しつつあるが，現場の実施工に日常的に使用され，品質管理基準を設けて品質管理された事例は少ない。その一因は品質管理法が具体に定められていなかったことである。NEXCO では品質管理法を具現化するために，平成 24 年 7 月に施工管理要領にローラ加速度応答法の品質管理要領案を定めた。その適用範囲は盛土材料が良質材で剛性が必要な路床と盛土地盤とした。品質

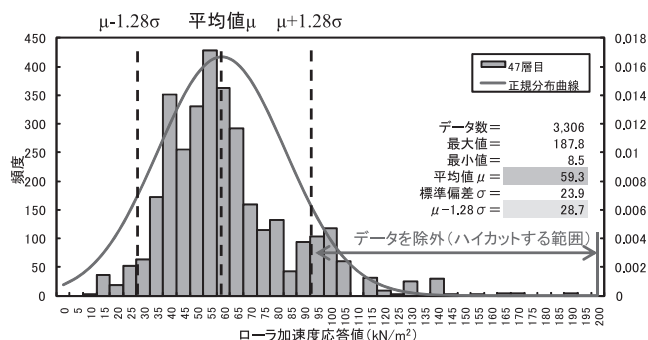
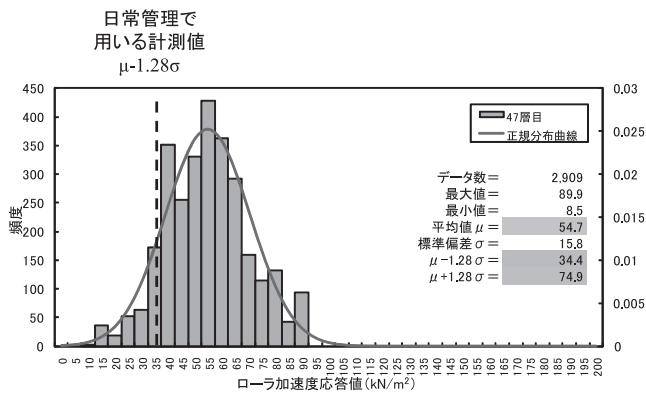
図―8 ローラ加速度応答法の品質管理の流れ

管理全体の流れを図— 8 に示す。ローラ加速度応答法を現場に適用するには，計測時に位置情報を取得するためGNSSと併用することを原則とした。しがたって，適用では全体計画の立案から始まり，GNSSとローラ加速度応答法のシステムの選定，次に転圧ごとのRI計測や加速度応答値を計測，及びRIや平板載荷との相関を確認し，品質管理，施工機械等を決定するモデル施工，品質管理法が決定した後に，日常管理に進む。

加速度応答値は数秒に 1 回程度のデータが取得される。したがって，1 データ取得の間に振動ローラは 1 ～ 2m 程度，進行することになる。この時の管理ブロックの大きさや加速度応答値の判定方法が異なると，アウトプットされる加速度応答値も異なることになる。したがって，品質管理法としての加速度応答値の判定方法を図— 9 に示すように統一を図った。管理ブロックは 2 m とし，管理ブロックをさらに 16 ブロックのサブブロックに分割する。加速度応答値はサブブロックの 4 角 1 点でも通過すれば，そのサブブロックの値とした。管理値に用いる管理ブロックの値はサブブロックの 50％以上通過した場合に，サブブロックの値を平均することにした。

図— 9　加速度応答値の判定の仕方

ローラ加速度応答法で計測される加速度応答値は，地盤剛性を評価する指標であるが，平板載荷試験で求める変形係数そのものの値ではない。ローラ加速度応答法と平板載荷試験では，荷重の載荷方法や計測・試験における荷重の伝達範囲や深さが異なり，評価している地盤剛性の範囲も異なる。しかし，設計では平板載荷試験で求めた変形係数が用いられていることから，加速度応答値の管理基準を設けるには，ローラ加速度応答法と平板載荷試験との相関をとる必要がある。図— 10 には平板載荷試験との相関の概念図を示す。日常管理で用いる前に試験施工でこの相関関係を

図— 10　位置情報を併用した路床剛性値の表示例

確認する試験（相関試験）を実施する。

前述したように，ローラ加速度応答法を用いた日常管理では施工面全体の計測が可能であるので，膨大な量の計測値が得られる。したがって，分布図で施工面の弱部を把握すること以外に，管理基準に対して施工面全体としての評価をする必要があるため，計測値を統計処理することとした。統計処理は，図— 11 のように計測値のヒストグラムを作成する。一般的に計測結果は正規分布に近い形となるので，平均値や標準偏差を求める。ただし，図からもわかるように，計測の値が非常に高いものがある。これまでの試験施工では，ローラ加速度応答法は振動ローラの停止時や前後進切り替え時，振動ローラの発進時など，非定常時の動きでは加速度応答値がうまく計測できないことが確認されている。高い値が計測される原因はこれらにあると考えられる。この対処は機械側の対応や計測システム・理論での対応も考えられるが，簡便さから計測結果をデータ処理する側で対応することとした。このデータ処理は，計測されたデータの中で値の高い側 10％の範囲（μ-1.28σ）のデータは信頼性が低いと判断して除外し，データ除外後に再度，図— 12 のようにヒストグラムに統計処理するものである。図— 12 のデータ処理後は図— 11 と比較するとより正規分布に近い形となっている。この図から計測値の平均値と標準偏差を求め，計測値全体の合格率を 90％として，

図— 11　加速度応答値のヒストグラム

図― 12 高い加速度応答値を除外後のヒストグラム

μ-1.28σの値を日常管理で用いる計測値とした。

5. おわりに

ローラ加速度応答法は地盤剛性がリアルタイムに全面的に評価でき試験施工レベルでは適用が増えているが，この方法は含水比の影響を受けやすいなど，万能な手法ではない。今後，日常管理にも適用していくには計測のメリットと限界を把握しつつ，適用できる土質や施工部位を限定することが必要である。また，NEXCOの施工基準のような，統一的な管理基準も必要になると考える。これまで，盛土の品質管理は締固め度で行われていたが，直接的に本来盛土に必要な地盤剛性を計測できるこの手法の優位性は大きい。まだ計測時の施工層の下層の影響や影響深さなどの課題も残されているので，今後も検討を進めたい。

JCMA

《参 考 文 献》

1）東日本高速道路㈱・中日本高速道路㈱・西日本高速道路㈱：土工施工管理要領，2012.
2）（社）日本道路協会：道路土工 - 盛土工指針，2010.
3）横田聖哉・益村公人・吉田武男・藤山哲雄・石黒健：道路路床の性能規定化へ対応するための新たな現場管理手法の提案，土と基礎，2002.
4）東日本高速道路㈱・中日本高速道路㈱・西日本高速道路㈱：設計要領第一集土工編，2012．藤岡一頼，大窪克己：道路における盛土構造物の変化・変遷 ㈳地盤工学会誌 土と基礎 54-9（584） p16-18 2006.9

［筆者紹介］
中村 洋丈（なかむら ひろたけ）
㈱高速道路総合技術研究所
道路研究部 土工研究室
研究員

無人化施工における作業効率の実態

茂木正晴・藤野健一

現在，災害発生時（地震・噴火などによる災害）における初動対応として無人化施工が適用されており，雲仙普賢岳等で利用されている。大規模土砂災害等において，この無人化施工技術の適用に関しては，災害の規模や現場状況（人への危険度合い）によって迅速かつ安全な施工技術として期待できるものと考えられる。

本報告では，無人化施工における作業効率向上を目的とし，土木研究所構内の試験フィールド内において建設機械に搭乗操作した場合と遠隔による操作を行い，サイクルタイムの計測を行い作業効率としての実態を明らかにした。実験は，1年未満の初心者オペレータ，5年以上の経験を持つ熟練オペレータ，熟練したオペレータかつ遠隔操作経験が5年以上のオペレータを対象に実施し，得られた計測データから熟達による作業効率向上のポイントを考察として述べるものである。

キーワード：遠隔操作技術，油圧ショベル，空間把握，奥行き感覚，作業効率

1. はじめに

現在，日本では災害発生時（地震・噴火などによる災害）における初動対応として無人化施工が適用されている。無人化施工は，人が立ち入ることのできない危険な箇所（雲仙普賢岳，福島第1原子力発電所の瓦礫撤去等）で利用されている。近年，この無人化施工技術の適用に関しては，災害の規模や現場状況（人への危険度合い）によって迅速かつ安全な施工技術として注目されており，日本国内における土砂災害等発生後の災害緊急対策として，土堰堤工事，除石工事における掘削・積込み・運搬等の機械施工に導入・活用されている。

しかし，導入・活用が進められている中で，主に視覚情報による遠隔操作であることから現場での作業効率が搭乗操作に比べて劣る点が現場からの課題として挙げられており，作業効率の向上は迅速な現場での復旧活動に求められるニーズとなっている。

土木研究所では，現場での課題となっている作業効率の実態を明らかにするとともに現場で活用されている遠隔操作向上に向けた研究を進めている。具体的な研究内容としては，無人化施工に関わる要素技術向上に向けた研究の一環として，土木研究所構内の試験フィールド内での同一作業条件下で建設機械に搭乗操作した場合と遠隔操作によるサイクルタイムを計測し，作業効率の比較検討のための基礎データ収集を進めている。

本研究報告では，1年未満の初心者オペレータ（以下，カテゴリ1），5年以上の経験を持つ熟練オペレータ（以下，カテゴリ2），熟練したオペレータかつ遠隔操作経験が5年以上のオペレータ（以下，カテゴリ3）といった3つのカテゴリからの基礎データを実験により収集し，作業効率の実態を述べるとともに作業効率向上のポイントを考察した。

2. 実験内容

実験は，遠隔操作における作業効率の実態を明らかにすることを目的に作業効率としてサイクルタイムの比較検証を実施した。

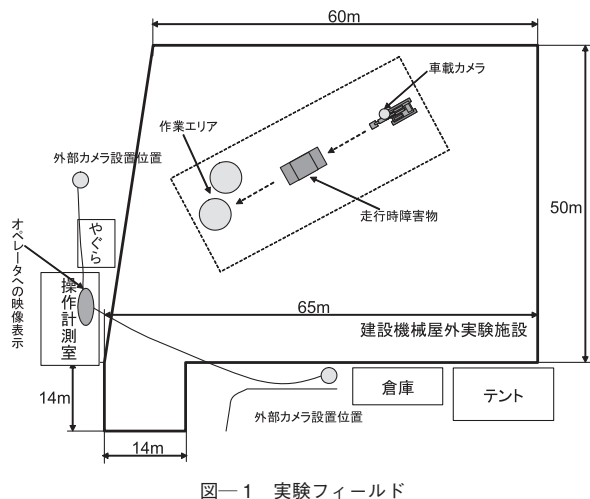
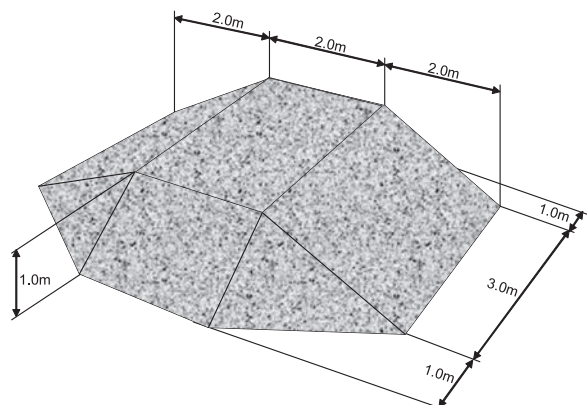
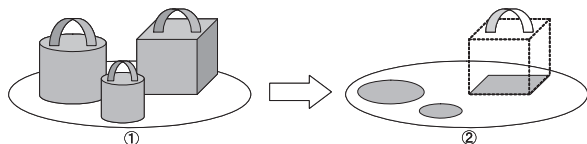
実験における検証対象とする遠隔操作システムは，雲仙普賢岳で利用されている遠隔システムをベースに土木研究所によって構築したシステムとし，建設機械による搭乗操作と遠隔操作システムによる比較実験

写真―1 遠隔操作機能付き油圧ショベル（土研保有）

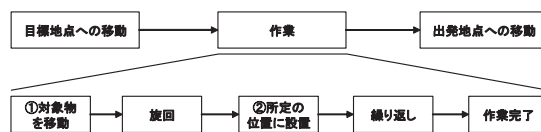
は，実際の施工現場での掘削積込み作業を想定した施工モデルを設定した。

また，対象とする建設機械は，土木研究所保有の油圧ショベル 0.5 t（**写真―1**）であり，土木研究所内建設機械屋外実験場にて使用した。

(1) 施工モデルの設定とタスク

施工モデルの設定に関しては，**図―1**に示すエリアで，**図―2**の障害物を乗り越えて作業エリア近傍まで移動することとした。作業エリアでは，掘削作業に見立てた**写真―2，3**に示す形状の違う3つの対象物をバケットで掴み移動することとした。移動に際して，オペレータは，対象物を所定の位置に移動し，マーキングされた箇所内に対象物を移動することとした（**図―3，写真―3**）。なお，実験回数については，各オペレータ5回とした。

図―1　実験フィールド

図―2　走行障害物

図―3　対象物の移動

写真―2　対象物

写真―3　対象物の移動

図―4　1サイクルの動作

写真―4　実験状況

作業サイクルに関しては，**図―4**に示すように出発地点から目標とする作業エリアまでの移動，作業エリア内での対象物の移動設置，作業エリアから出発地点までの移動とした（実験状況は**写真―4**参照）。

(2) 対象オペレータ及び計測

本実験では，熟達度合いを把握するうえで，カテゴリ分けをした以下に示すオペレータを対象に実施した。

・カテゴリ1：建設機械の操作経験1年未満　　3名

・カテゴリ２：建設機械の操作経験５年以上
（搭乗操作のみの経験）　　３名
・カテゴリ３：建設機械の操作経験５年以上
（遠隔操作の経験も５年以上）　　３名

実験において，搭乗による操作は，遠隔操作でのオペレータのサイクルタイムを比較・評価するうえでの基礎データとなる実験ケースとし，遠隔操作システムによる実験については，**写真―５**に示すようにプレハブ内での操作とし，外部の情報がプレハブ内で分からないように窓ガラスを遮蔽したうえで実験を実施した。

写真―５　操作状況（遠隔操作）

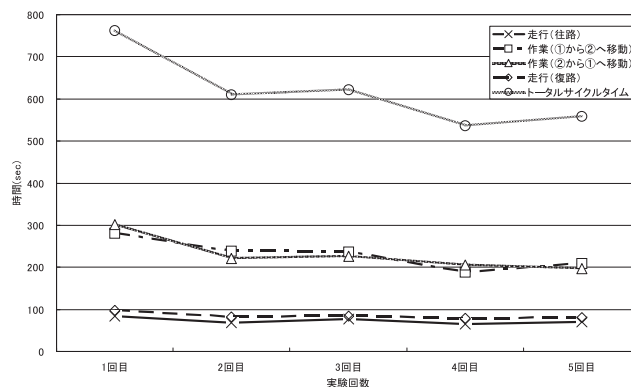
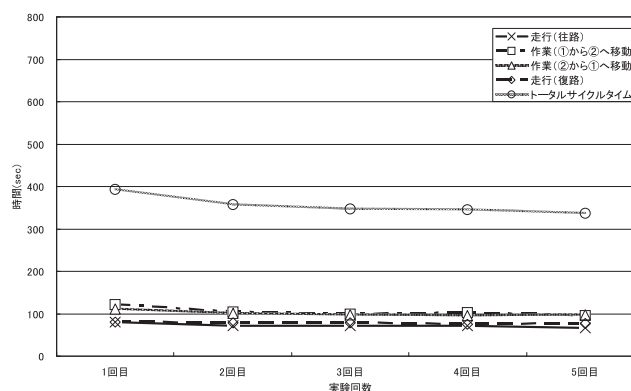
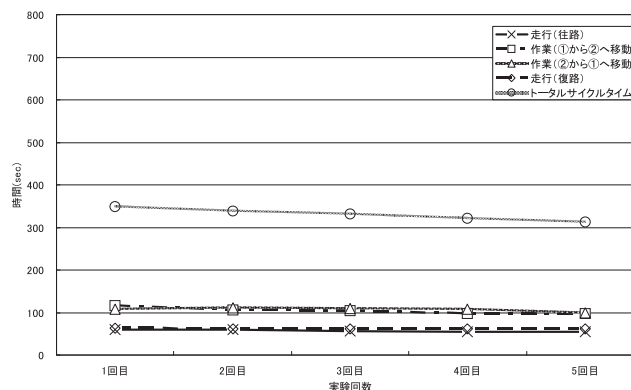
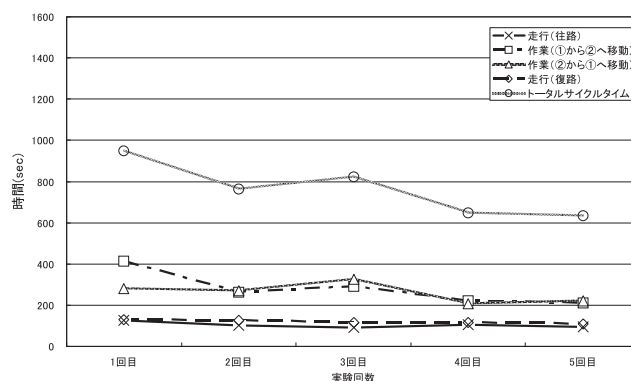
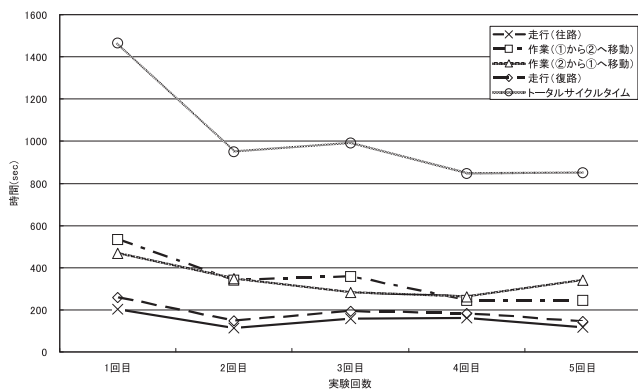
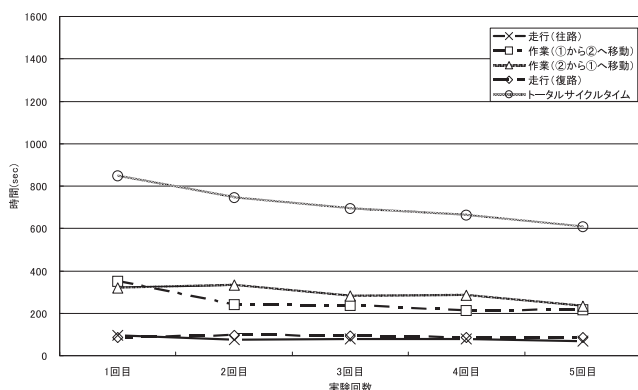
3. 実験結果

カテゴリ１～３のオペレータの走行・掘削までの作業時間記録データについて，搭乗操作データと遠隔操作データの解析を行い，それぞれ３人の平均結果を**図―５～10**に示す。

いずれの結果からも分かるように搭乗操作と遠隔操作にはサイクルタイムに大きな差違を確認することができた。

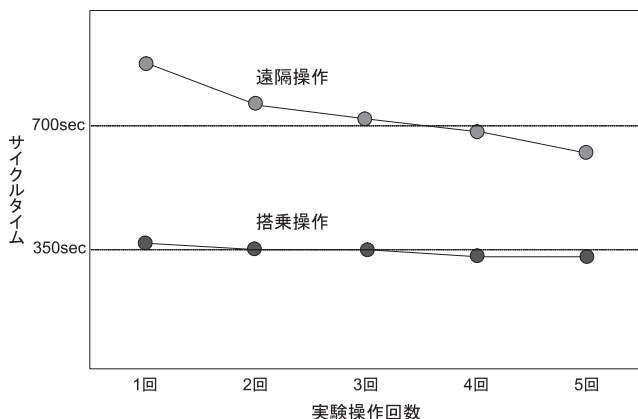
その中で，搭乗操作については，初心者オペレータであるカテゴリ１のサイクルタイムが高く熟練することによってカテゴリ2，3のような結果となり，熟達したオペレータのスキルに共通性があることが確認できた。

遠隔操作に関しては，初心者であるカテゴリ１と遠隔操作経験のあるカテゴリ３に共通したスキルの傾向があることが確認できた。

また，サイクルタイムに関して搭乗操作及び遠隔操作のいずれも１回目の操作以降において操作の慣れが傾向として見られた。この傾向は，2010年に実施した遠隔操作経験者による熟達度を確認する実験結果[1), 2)]では，３回目以降からサイクルタイムの収束が見られており，本実験でのカテゴリ１のオペレータとカテゴリ２のオペレータ（いずれも遠隔操作未経験者）に関しても類似した熟達を示す結果が見られた。

図―５　カテゴリ１　サイクルタイム（搭乗操作）

図―６　カテゴリ２　サイクルタイム（搭乗操作）

図―７　カテゴリ３　サイクルタイム（搭乗操作）

図―８　カテゴリ１　サイクルタイム（遠隔操作）

図― 9　カテゴリ 2　サイクルタイム（遠隔操作）

図― 10　カテゴリ 3　サイクルタイム（遠隔操作）

4. まとめ及び作業効率向上のポイント

無人化施工の操作性や機能評価は，実現場での計測としていたため搭乗と遠隔を比較した基礎データがこれまでなく，経験に基づく判断によって評価されていた。そこで，土木研究所構内の実験フィールドを利用し，建設機械の操作における搭乗操作と遠隔操作の実態について，同一タスク条件により計測を行い評価の基礎となるデータ収集を図った。

実態としてまとめてみると**図― 11** に示すように実験操作回数 2 回目以降の搭乗操作と遠隔操作とサイクルタイム差は，遠隔操作は搭乗操作の約 2 倍であった。

図― 11　搭乗操作と遠隔操作のサイクルタイム差

この実態を踏まえ，搭乗操作におけるサイクルタイムを指標に現場で活用されている遠隔操作システムを定量的に評価し改善を進めることが肝要であると考えられる。

なお，作業効率改善のポイントとしては，搭乗操作に比べて遠隔操作で大きく不足している人の知覚認知特性及び知覚情報と人の行動を加味し，より臨場感の高いシステム開発が必要だと考えられる。

5. 今後の取組

作業効率をサイクルタイムにより評価すると，実態として搭乗操作よりも遠隔操作は，作業効率が劣るという結果を定量的に得ることができた。

今後は，より精緻な評価を進めるうえでの標準タスクの設定とより多くの基礎データの収集を行いデータの信頼性を高め，今後開発される無人化施工技術の定量的評価を進める計画である。

また，遠隔操作技術向上を目的としたオペレータの知覚情報に関する取得技術や作業に関する慣れといった，作業効率向上に向けた機械・操作技術に関して研究開発を進める予定である。

JCMA

《参 考 文 献》

1) 茂木正晴・藤野健一・大槻崇：建設現場への無人化施工技術の普及と今後の技術ニーズ―遠隔操作システムの検証実験報告― 第 12 回建設ロボットシンポジウム論文集 pp89-96,2010.9
2) Masaharu Moteki, Kenich Fujino, Takashi Ootuki, Takeshi Hashimoto :ORESEARCH ON VISUALPOINT OF OPERATOR IN REMOTE CONTROL OF CONSTRUCION MACHNERY, The28th InternationalSymposium on Automation and Rodotics in Construcion pp532-537 2011.6
3) 藤野健一・茂木正晴・西山章彦・橋本毅：無人化施工におけるオペレータの熟達に関する研究　第 13 回建設ロボットシンポジウム論文集 pp.,2012.9
4) 茂木正晴・藤野健一・西山章彦：建設機械遠隔操作の習熟に関する研究―建設機械の搭乗及び遠隔操作時における作業効率・精度に関する考察― 平成 24 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集 pp.19-24,2012.11

［筆者紹介］

茂木　正晴（もてき　まさはる）
㈱土木研究所
技術推進本部　先端技術チーム
主任研究員

藤野　健一（ふじの　けんいち）
㈱土木研究所
技術推進本部　先端技術チーム
主席研究員

特集≫≫　土工

無人化施工の技術的総括と今後

吉　田　　　貴

無人化施工は，1993 年（平成 5 年）度の試験施工以来，災害復旧工事などで着実に技術革新をしてきた。施工実績も国内で 160 件を超えるほどになり，併せて，継続的な事業展開により，実用的な工法として確立したと考えている。また，近年の自然災害の増加により，緊急対応時の無人化施工の重要度は増すばかりである。本稿では，無人化施工の技術の概要や変遷，近年の技術革新の紹介および今後の課題と解決策などについて述べる。

キーワード：無人化施工，無線 LAN，光ファイバ網，建設ロボット，建設機械

1. はじめに

無人化施工は，「人間が立ち入ることができない，または一時的な立入りしかできない危険な作業現場において，遠隔操作が可能な建設機械等を駆使し，何らかの作業を行うこと」と私は位置づけている。無人化施工は，情報化施工や施工の自動化と混同されることもあるが，施工効率よりも作業の安全確保を最優先とした技術であり，上記技術とは，その観点において一線を画すものであるとも考えている。

無人化施工で実施する災害対策工事には，災害発生直後の被害を最小限に食い止める，または，二次災害を防止することを目的とした「緊急対応」と，災害がある程度沈静化した後に実施する「計画的実施」に分類できる。この緊急対応と計画的実施では，採用する工種，機械・設備類，施工管理などに違いがある。雲仙普賢岳初期（**写真― 1**），有珠山，南大隅町船石川などが前者に該当し，雲仙普賢岳の砂防堰堤工事などが後者に該当する。前者では，除石工，土嚢積工など，文字通り緊急的に実施して効果がある工種が多く採用され，要求されるものは，容量（遊砂地容量）確保などで出来型などはあまり求められない。その一方で，後者は，恒久的な構造物の構築が主体の工種となるため，出来型や品質管理も求められる。雲仙普賢岳では，この出来型や品質管理を遠隔地から実施するため，近年の情報化施工に代表される転圧管理，敷均し管理システムなどが当初から採用されてきた。その技術は，その後，一般工事に応用され，情報化施工として普及に至ることとなる。また，雲仙も独特の管理システム・機器（無人測量システムなど）が，近年の ICT 機器の革新とともに開発・採用されて，独自の革新により，情報化施工を駆使する無人化施工としてさらなる発展をする。

写真― 1　雲仙試験フィールド施工状況

無人化施工に次の転機が訪れるのは，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災である。その数年前から雲仙では，遠隔操作に無線 LAN を採用する事例が増えてきたが，これを契機に，今後，想定される広域地震，火山災害などに対応するための「大規模災害を想定した超長距離からの遠隔操作実証実験」を実施し，遠隔操作だけでなく，画像も一括して無線 LAN で伝送することに成功した（実証実験成果は後述）。この技術は，その後，同年 8 月に発生した台風 12 号による紀伊半島大水害の災害復旧工事（北股地区）で本格的に導入されることとなった。また，桜島での無人化施工においても同様の実証実験を実施し，雲仙とほぼ同様の成果が得られており，全国展開ができる技術であることもわかっている。

話は前後するが，無人化施工は，昭和 44 年（1969 年）に常願寺川の応急復旧工事において，河口部に堆積した土砂の掘削，押土に水中ブルドーザが導入されたのが始

まりとされる。その後，平成５年に国土交通省（旧建設省）により実施された雲仙普賢岳での「試験フィールド制度」の適用と以後の継続的な事業展開と全国での施工実績により実用的な工法として確立したと考えている。

平成12年の有珠山噴火災害では，約2km離れた見通しのない場所から直接操作する施工が実施され，雲仙で培った技術が，全国に展開できるものであることを証明するとともに更なる発展を遂げる契機となった。また，平成16年の新潟県中越地震では，大規模土砂崩落現場での災害対策工事を官・民が一体となり成果をあげた。平成22年の鹿児島県南大隅町船石川で発生した深層崩壊による土石流被害では，より一層の早期着手の要求に応じ，施工も順調に終了した。

本稿では，無人化施工の技術の概要や変遷，近年の技術革新の紹介および今後の課題と解決策などについて述べる。

2. 無人化施工の概要

(1) 概要

無人化施工は，一般的に遠隔操作式建設機械と無人化施工設備によって実施する。遠隔操作式建設機械とは，無線または有線による遠隔操作装置が取り付けられ，調達の際，機械的改造を要しないものを言う。ただし，レバー直動方式による遠隔操作技術も普及しており，この方式も一般に含む。

(2) 施工可能な工種

現在，無人化施工で施工可能な工種を**表―１**に示す。当初，除石工のみであった工種は20工種まで対応可能となった。しかし，今後もさらなる対応工種の拡大や施工の効率化が望まれる。

(3) 遠隔操作式建設機械

無人化施工は，火山災害緊急対策工事を背景に発展した経緯があり，土工事を主体とする。このため，遠隔操作機械も土工事に関連したものが多く，ブルドーザ，バックホウ，ダンプトラックなどが主である。ブルドーザとダンプトラックについては，機種・規格も限られているが，バックホウは，比較的，規格がそろっている。これは，バックホウが，工事の主機械であること，遠隔操作化のしやすさ，規格ごとで制御方式の違いが少ないことが起因していると考えている。その他の機械は，遠隔操作化や制御方式の問題と適用工事ごとに開発されてきた経緯などもあり，機種・規格が限られているのが現状である。特に，振動ローラ（**写真―２**）は全国で数台しか現存せず，また，現存機も老朽化が激しく，逼迫した状態にある。

遠隔操作式建設機械の選定に当たっては，本機械の国内保有台数が限られていること，現使用（保管）場所，搬入における大きさ・最大重量などの輸送制限を考慮する必要がある。特に，運搬機械は，重ダンプトラックか不整地運搬車に限られる。施工ヤードの大きさや条件にもよるが，特に軟弱地盤であれば不整地運搬車のみとなるため留意が必要である。

表―１　無人化施工可能工種一覧

分類		工種
1	砂防堰堤等	①転圧コンクリート（RCC）
		② CSG 工法
		③有スランプコンクリート
		④ ISM 工法
		⑤ブロック積堰堤
		⑥鋼製スリット
2	土工事等	⑦土工事（導流堤／遊砂地）
		⑧除石工（転石破砕含む）
		⑨頭部排土
		⑩土嚢設置
		⑪伐採工
		⑫山頂での施工（分解による空輸）
		⑬除雪
		⑭瓦礫撤去
		⑮粉塵防止材散布
		⑯水中掘削
		⑰吹付工
3	構造物設置撤去	⑱ブルメタル設置
		⑲ボックスカルバート工
		⑳構造物撤去工

写真―２　遠隔操作式振動ローラ

(4) 映像設備

無人化施工で一般に，無人化施工設備と呼ばれるものを下記に示す。

①映像設備（移動，車載，固定カメラ等）
②無線設備（操作，データ伝送）
③移動カメラ車，移動中継車
④遠隔操作室

⑤施工支援設備（情報化施工関連機器含む）

映像設備は，オペレータの目の代わりになるものであり，選定の良し悪しが，施工効率や安全面等に大きな影響を及ぼすと言っても過言ではない。

映像は，従来，50 GHz 帯簡易無線局や 2.4 GHz 帯小電力データ通信システム無線局（OFDM 方式）により伝送される。この伝送に求めるのは，高品質な映像，確実な通信（伝送の連続性），そして伝送遅延がないことである。

近年，冒頭にも述べた「大規模災害を想定した超長距離からの遠隔操作実証実験」において，映像をデジタル化し，無線 LAN で操作情報とともに一括伝送する実験を実施した。この実験において，デジタル映像伝送が，遠隔操作の操作性に影響を与える要素として，「伝送遅延時間の短縮」，「映像品質の向上」および「伝送の連続性の確保」の三つがあることが確認された。各要素はトレードオフの関係にあり，ひとつを向上させれば，他者が低下する関係にある。映像の観点から操作性の向上を図るには，作業の難易度を考慮してオペレータに提供する映像を検討することが重要であると考えている（**図—1，2**）。

（5）無線設備

無人化施工では，機械の遠隔操作を始めとして様々な無線伝送を行う。遠隔操作用無線は，雲仙普賢岳無人化施工が開始された当時から現在に至るまで，特定小電力無線局 429 MHz 帯が主である。一般に，メーカで発売される標準の遠隔操作式建設機械のほとんどが，この無線局を搭載している。

無人化施工は，雲仙普賢岳で施工が開始された当時から現在まで長距離化，複雑化，高度化が求められてきた。このため，特定小電力だけでは対応できず，いくつかの方式が開発されている。近年，無線 LAN による遠隔操作が増加している。これは，従来，ch 数，

図—1　三要素の関係

図—2　作業の難易度と三要素の影響度

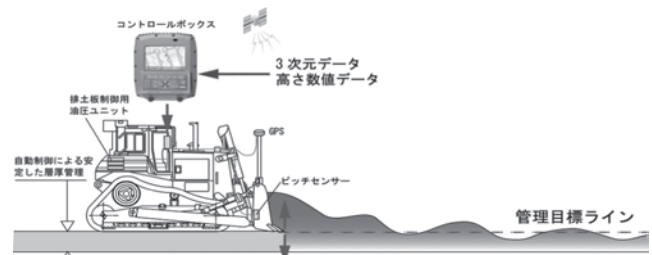
表—2　無人化施工技術の変遷

分野	年	内容
無線伝送技術	1994以前	○50GHz簡易無線の実用化（1983）
無線伝送技術	1994以前	○特定小電力無線の実用化（1989）
無線伝送技術	1994以前	○小電力データ通信の実用化（1992）
無線伝送技術	1994（平成6年）	○雲仙で重機制御・データ伝送にSS無線を使用（伝送距離 150m）
無線伝送技術	1994（平成6年）	○雲仙で多数の特定小電力無線を同時に使用（伝送距離 150m）
無線伝送技術	1995（平成7年）	○雲仙で中継局を実験的に使用
無線伝送技術	1995（平成7年）	○50GHz簡易無線の自動旋回台実用化
無線伝送技術	1995（平成7年）	○RTK-GPSでOn The Fly機能が可能になる。
無線伝送技術	1997（平成9年）	○雲仙で建設無線を使用（伝送距離 800m）
無線伝送技術	1997（平成9年）	※建設無線協会設立
無線伝送技術	1999（平成11年）	○雲仙で中継局を使用した超遠隔施工を採用（伝送距離 1,500m）
無線伝送技術	1999（平成11年）	○SS無線多重伝送の実用化
無線伝送技術	1999（平成11年）	○SSデジタル映像（500mW）の導入
無線伝送技術	2000（平成12年）	○有珠山でダイレクト方式長距離伝送を実施（伝送距離 1,200m）
無線伝送技術	2000（平成12年）	○小エリア簡易無線の利用開始
無線伝送技術	2001（平成13年）	○無線LANの試験実施
無線伝送技術	2001（平成13年）	○小エリア簡易無線モデム開発
無線伝送技術	2001（平成13年）	○SSデジタル映像（10mW）の導入
無線伝送技術	2001（平成13年）	○雲仙で1.2GHz帯映像無線を使用
無線伝送技術	2002（平成14年）	○樽前山で簡易無線のオムニアンテナを採用
無線伝送技術	2003（平成15年）	○谷沢川で無線LANによる超遠隔施工を実施（伝送距離 700m）
無線伝送技術	2004（平成16年）	○中越地震でSSデジタル映像を導入
無線伝送技術	2005（平成17年）	○PHSによるデータ伝送利用
無線伝送技術	2008（平成20年）	○携帯電話通信による超長距離からの遠隔操縦
無線伝送技術	2009（平成21年）	○雲仙で5GHz無線LANの遠隔操作を実施
無線伝送技術	2009（平成21年）	○2.4GHz（OFDM）映像の導入
無線伝送技術	2011（平成23年）	○光Fケーブルと各種無線による超長距離遠隔操作実験
無線伝送技術	2011（平成23年）	○携帯電話通信による操作信号＋映像伝送
無線伝送技術	2011（平成23年）	○25GHz帯無線LANの導入
無線伝送技術	1994～1998	〔期間〕遠隔操縦技術の確立
無線伝送技術	1999～2003	〔期間〕長距離化、多様化
無線伝送技術	2004～2012	〔期間〕デジタル化、超長距離化
建設機械の無人化	1994以前	○成願寺川の復旧工事で無人水陸両用ブルドーザを使用（1969）
建設機械の無人化	1994以前	○北陸地方整備局立山砂防工事事務所で無人バックホウを採用（1983）
建設機械の無人化	1994（平成6年）	○世界初の遠隔操作重機群による無人化施工実施
建設機械の無人化	1994（平成6年）	○移動操作室・カメラ車の導入
建設機械の無人化	1994（平成6年）	○重ダンプの無人機械開発
建設機械の無人化	1994（平成6年）	○クローラダンプの無人機械開発
建設機械の無人化	1997（平成9年）	○ALDシステムの開発
建設機械の無人化	1999（平成11年）	○北陸技術事務所が共用変換器を開発
建設機械の無人化	1999（平成11年）	○九州技術事務所がロボQを開発
建設機械の無人化	1999（平成11年）	○雲仙で無人測量車を開発
建設機械の無人化	2000（平成12年）	○北海道開発局が無人調査機械（災害調査車・小型ヘリ）を開発
建設機械の無人化	2000（平成12年）	※建設無人化施工協会設立
建設機械の無人化	2002（平成14年）	○北陸技術事務所が45tラフテレンクレーンの無人化に着手
建設機械の無人化	2002（平成14年）	○雲仙で無人測量車を採用
建設機械の無人化	2002（平成14年）	○雲仙でアジテータ付無人コンクリート運搬車を採用
建設機械の無人化	2002（平成14年）	○雲仙で無線中継専用車を採用
建設機械の無人化	2002（平成14年）	○雲仙で無人ポンプ車を使用
建設機械の無人化	2002（平成14年）	○ホィールローダの無人スイーパの実用化
建設機械の無人化	2005（平成17年）	○九州技術事務所がクロQを開発
建設機械の無人化	2006（平成18年）	○GPSによる無人測量実施
建設機械の無人化	2006（平成18年）	○ﾌﾞﾙﾄﾞｰｻﾞ排土板自動制御
建設機械の無人化	2007（平成19年）	○ショベルガイダンスシステム
建設機械の無人化	2010（平成22年）	○無人特殊法肩締固機の開発
建設機械の無人化	2010（平成22年）	○HRCシステムの開発
建設機械の無人化	1994～1997	〔期間〕機械の開発・確立
建設機械の無人化	1998～2004	〔期間〕工法等拡大に伴う機械の開発
建設機械の無人化	2005～2012	〔期間〕情報化施工搭載型機械の導入
工種・工法の拡大	1994（平成6年）	○雲仙で除石工事に無人化施工を採用
工種・工法の拡大	1994（平成6年）	○雲仙でGPSを用いた土工管理システムを採用
工種・工法の拡大	1994（平成6年）	○無人機械による転石破砕
工種・工法の拡大	1995（平成7年）	○構造物解体工事への無人化適用
工種・工法の拡大	1995（平成7年）	○無人バックホウによるGPS現況測量実施
工種・工法の拡大	1995（平成7年）	○雲仙で砂防堰堤工事にRCC工法を採用
工種・工法の拡大	1995（平成7年）	○GPSを使用した敷均し・転圧管理システムの導入
工種・工法の拡大	1998（平成10年）	○コンクリート型枠設置の無人化
工種・工法の拡大	1998（平成10年）	○護床ブロック設置の無人化
工種・工法の拡大	1998（平成10年）	○土嚢設置の無人化
工種・工法の拡大	2000（平成12年）	○有珠山で橋梁撤去工を実施
工種・工法の拡大	2001（平成13年）	○無人スィーパ導入
工種・工法の拡大	2001（平成13年）	○無人散水車の導入
工種・工法の拡大	2001（平成13年）	○三宅島で無人化施工実施
工種・工法の拡大	2002（平成14年）	○雲仙で緑化工に無人化施工を採用（生育基盤材の散布）
工種・工法の拡大	2002（平成14年）	○雲仙で簡易式支持力測定器を無人で使用
工種・工法の拡大	2002（平成14年）	○雲仙で鋼製スリット堰堤を無人で施工
工種・工法の拡大	2002（平成14年）	○雲仙で砂防堰堤工事にCSG工法を採用
工種・工法の拡大	2004（平成16年）	○雲仙で着工前測量の無人化（技術提案）
工種・工法の拡大	2004（平成16年）	○雲仙で施工管理に伴う測量の無人化（技術提案）
工種・工法の拡大	2004（平成16年）	○ケーソン据付けの無人化
工種・工法の拡大	2004（平成16年）	○雲仙で丁張およびライン引きの無人化（技術提案）
工種・工法の拡大	2004（平成16年）	○中越地震で無人化施工実施
工種・工法の拡大	2005（平成17年）	○ISM工法の無人化施工実用化
工種・工法の拡大	2006（平成18年）	○雲仙でMC・MGの採用（ブル、バックホウ）
工種・工法の拡大	2006（平成18年）	○雲仙ではつり作業の無人化（技術提案）
工種・工法の拡大	2008（平成20年）	○岩手・宮城内陸地震で無人化施工実施
工種・工法の拡大	2008（平成20年）	○平板載荷試験の無人化（技術提案）
工種・工法の拡大	2009（平成21年）	○雲仙でﾎﾞｯｸｽｶﾙﾊﾞｰﾄを無人で設置
工種・工法の拡大	2010（平成22年）	○鹿児島南大隅町深層崩壊で無人化施工実施
工種・工法の拡大	2010（平成22年）	○雲仙でRCC先行打設を実施
工種・工法の拡大	2011（平成23年）	○東日本大震災で無人化施工実施
工種・工法の拡大	2011（平成23年）	○台風12号災害復旧で無人化施工実施
工種・工法の拡大	2011（平成23年）	○濁沢川土砂崩落で無人化施工実施
工種・工法の拡大	1994～2004	〔期間〕工法としての採用→工種拡大、雲仙→全国展開へ
工種・工法の拡大	2005～2012	〔期間〕施工管理面充実・情報化施工の導入

隣接 ch または共振による使用無線数（使用台数）の制限，自他工区で必要な ch 調整，遠隔操作距離の限界および中継方式選定時の設備の複雑化等の問題が特定小電力無線局にはあったからである。ch という概念が IP アドレス設定に置き換わり，施工における使用台数の増大，混信問題の解消される無線 LAN は，非常に有効な無線設備であり，今後も増加すると考えている。しかし，無線 LAN は，一般ユーザも使用するため，使用する帯域と IP アドレスのルール化には留意が必要である。

3. 近年の技術革新

（1）情報化施工機器

無人化施工において，出来形が求められる場合，情報化施工機器を導入することがある。本項ではブルドーザの排土板制御システムを紹介する。本システムは，ブルドーザの排土板を自動でコントロールし，効率よく規定の高さに仕上げることができるものである。システムは，GPS，各種センサ，コントロールバルブ等から構成される。このシステムを使用することにより，現地での丁張を必要としない敷均し作業と有人以上の敷均し精度の確保が可能であり，作業効率も従来の 1.5 倍程度向上するとの報告もある。また，作業箇所全面の敷均し標高を色別表示により確認することもできる。

図—３ 排土板制御システム概要図

（2）超長距離からの遠隔操作実証実験

今後，想定される広域地震，火山災害などに対応するため，平成 23 年 3 月末から約 1 ヶ月間，雲仙普賢岳で「大規模災害を想定した超長距離からの遠隔操作実証実験」を実施した。30 km 以上の超長距離から光ファイバ網と最近使用されるようになった 5 GHz 帯無線 LAN を活用して操作，画像等を一括で伝送できるかを検証する必要があった。また公共ブロードバンド帯も低周波数帯を使用しているため，電波の回り込みが期待できるため，その能力の検証も大きな課題の一つとした。

実験ではネットワークの伝送状況，無線到達距離，無線の回り込み評価，画像伝送能力等の通信手段検証を含めた 8 テーマを光ファイバ網 + 無線 LAN 等の 13 ケースで計測をした（**表—３**）。

実証実験の結果，操作系データの送信遅延時間については 100 ms 以内に収まり，画像系データの送信遅延時間については 1000 ms 以内であった。これにより，各通信ネットワークにおいて超長距離（82.5 km）の遠隔操作が可能であることが確認できた。なお，本

表—３ 遠隔操作通信ネットワークの伝送状況確認実験結果

	実験ケース		実験順序	ネットワーク 操作室	中継地点	中継点	中継局 3	中継局 2	現場	重機	通信回線種類 操作室〜中継点	中継点〜中継局	中継局〜重機 操作系	画像系	実験実施月日	実験1 伝送状況確認 ①疎通確認(往復時間)	②画像データの伝送時間	③操作データの伝送時間	④操作系システム全体の応答時間	実験2 基本作業確認 掘削・積込・運搬 4サイクル(平均時間)	実験3 プレキャスト擁壁設置 吊込・移動・設置 4サイクル(平均時間)	実験4 大型土のう設置 運搬・設置 2サイクル(平均時間)	実験5 基本動作確認 BD63t、CD10t、BH1.2m3	オペレータの感想
0	参考値（通常の無人化施工）			おしが谷	—	—	—	—	—	○	操作室と重機の直接通信		特小無線	11J 無線LAN			421 msec		250 msec					
1	ケース1-1（雲仙）		③	雲仙復興事務所	—	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	11J 無線LAN	11J 無線LAN	3月27日（日）	4 msec	548 msec	22 msec	300 msec	213 sec	296 sec 精度 85mm	548 sec		画像が多少遅れるが操作に支障なし
2	ケース1-1（長崎）		④	長崎河川国道事務所	—	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	11J 無線LAN	11J 無線LAN	3月29日（火）	4 msec	418 msec	21 msec	360 msec	216 sec	329 sec 精度 70mm	499 sec		パケットの起こしが少し遅い気がするが作業に支障なし
3	ケース1-2（長崎）		⑧	長崎河川国道事務所	—	大野木場砂防監視所	固定	固定	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	11J 無線LAN	11J 無線LAN	3月31日（木）	0 msec	802 msec	41 msec	240 msec	224 sec				画像が多少遅れるが操作に支障なし
4	ケース2-1（雲仙）		②	雲仙復興事務所	—	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	特小無線	11J 無線LAN	3月26日（土）	5 msec	576 msec	10 msec	240 msec	244 sec	211 sec 精度 83mm	614 sec	問題なし	画像が多少遅れるが操作に支障なし
5	ケース2-1（長崎）		⑤	長崎河川国道事務所	—	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	特小無線	11J 無線LAN	3月29日（火）	4 msec	652 msec	16 msec	340 msec	226 sec	310 sec 精度 28mm	516 sec	問題なし	パケットの起こしが少し遅い気がするが作業に支障なし
6	ケース2-2（長崎）		⑦	長崎河川国道事務所	—	大野木場砂防監視所	固定	固定	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	特小無線	11J 無線LAN	3月31日（木）	5 msec	504 msec	16 msec	440 msec	222 sec				画像が多少遅れるが操作に支障なし
7	ケース3-1		⑨	有明電話ビル	—	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	長距離無線LAN	25GHz NTリンク	11J 無線LAN	11J 無線LAN	4月4日（月）	17 msec	231 msec	26 msec	450 msec	303 sec	479 sec 精度 13mm	863 sec		画像がスムーズな時とコマ遅れの時が混ざり、とても操作し難い。
8	ケース3-2		⑩	有明電話ビル	九十九ホテル	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	長距離無線LAN	25GHz NTリンク	11J 無線LAN	11J 無線LAN	4月4日（月）	21 msec	320 msec	177 msec	600 msec	224 sec	330 sec 精度 20mm	718 sec		画像を10枚/秒にした結果、画像は若干粗くなったが、操作に大きな影響はなかった。
9	ケース5		⑪	雲仙復興事務所	—	大野木場砂防監視所（画像のみ）	—	—	現場中継車（画像のみ）	○	衛星通信（操作室〜重機）	25GHz NTリンク	（衛星通信）	11J 無線LAN	4月11日（月）	計測不能（1sec以上）	2,000 msec	3,151 msec	1,800 msec				可動の確認のみ	1.5秒程度の操作の遅れがあり、重機の操作としては簡単な操作に限定される。
10	ケース6（長崎）		⑥	長崎河川国道事務所	—	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	公共BB（モード1）	公共BB（モード1）	3月31日（木）	80 msec	369 msec	16 msec	700 msec	255 sec				操作：特定小電力無線及び無線LANに比べて若干遅れるが作業に支障なし。画像：一部コマ落ちによるフリーズ現象があり、細かな作業は難しい。
11	ケース6（雲仙）-1	パターン1 30fps※ 512kbps	⑫-1	雲仙復興事務所	—	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	公共BB（モード1）	公共BB（モード1）	4月7日（木）	1 msec	1,089 msec	119 msec	1,000 msec	225 sec	362 sec 精度 90mm	586 sec		動きの速い作業では画像のコマ落ちがあり、何とか操作ができる程度。
		パターン2 15fps 512kbps	⑫-2	雲仙復興事務所	—	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	公共BB（モード1）	公共BB（モード1）	4月7日（木）	1 msec	923 msec	78 msec	900 msec	225 sec				画像の停止や旋回時の画像の乱れがあり、なんとか操作できる程度。
12	ケース6（雲仙）-2	パターン1 30fps 512kbps	⑫-3	雲仙復興事務所	小浜（光ファイバー接続）	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	公共BB（モード1）	公共BB（モード1）	4月7日（木）	3 msec	1,025 msec	93 msec	400 msec	236 sec				認識できるほどの画像の遅れがあり、操作しづらい。
		パターン2 15fps 512kbps	⑫-4	雲仙復興事務所	小浜（光ファイバー接続）	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	公共BB（モード1）	公共BB（モード1）	4月7日（木）	3 msec	809 msec	62 msec	800 msec	236 sec				画像が粗くなり、パケットの向きにより画像が停止した。なんとか操作できる程度。
		パターン3 15fps 384kbps	⑫-5	雲仙復興事務所	小浜（光ファイバー接続）	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	公共BB（モード1）	公共BB（モード1）	4月7日（木）	3 msec	1,170 msec	104 msec	1,000 msec	238 sec				画像が粗いため遠近感がなく操作しづらい。目への負担が大きく、簡易作業（土砂積込み等）しかできない。
		パターン4 15fps 256kbps	⑫-6	雲仙復興事務所	小浜（光ファイバー接続）	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	公共BB（モード1）	公共BB（モード1）	4月7日（木）	2 msec	850 msec	98 msec	1,000 msec	244 sec				画像がとても粗いため遠近感がなく操作が難い。目への負担が大きく、簡易作業（土砂積込み等）を数時間しかできない。
		パターン5 30fps 1Mbps	⑫-7	雲仙復興事務所	小浜（光ファイバー接続）	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	公共BB（モード1）	公共BB（モード1）	4月7日（木）	2 msec	1,220 msec	62 msec	600 msec	219 sec				画像はきれいだが、パケットの向きにより画像が停止した。細かな作業は困難。
		パターン6 15fps 512kbps BH2台稼動	⑫-8	雲仙復興事務所	小浜（光ファイバー接続）	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	公共BB（モード1）	公共BB（モード1）	4月7日（木）	2 msec	564 msec	78 msec	1,100 msec	244 sec				重機1台と同じ状態。（画像が粗くなり、パケットの向きにより画像が停止した。なんとか操作できる程度。）
13	ケース7		⑬	雲仙復興事務所	—	大野木場砂防監視所	—	—	現場中継車	○	光ファイバ（既設）	25GHz NTリンク	公共BB（モード2）	公共BB（モード2）	4月12日（火）	故障により実験出来ず	故障により実験出来ず	故障により実験出来ず	故障により実験出来ず	故障により実験出来ず				※BH1.2m3級によるブーム上下までの動作確認できたが、機器故障により実験中断となる。

※1 fps（Frame Per Second）：1 秒間に表示する画像の数 ※2 bps（Bits Per Second）：データ伝送速度。1bps は 1 秒間に 1 ビットのデータを転送できることを表す。 地上デジタルテレビは、30fps、15〜20Mbps である。

実験後，同年8月に発生した台風12号による紀伊半島大水害の災害復旧工事（北股地区）で本格的に導入された。また，桜島での無人化施工においても同様の実証実験を実施し，雲仙とほぼ同様の成果が得られており，全国展開ができる技術であることもわかっている。

4．今後の課題と解決案

（1）今後の課題や展望

無人化施工における主な今後の課題や展望について，誌面の関係もあるため，概略を下記に示す。
①さらなる工種の拡大
②無線等による工事制約
③遠隔操作式機械の減少・老朽化
④無人化技術の伝承
⑤人材（管理者，オペレータ）の不足・高齢化
次項に解決案を示す。

（2）さらなる工種の拡大

無人化施工が今後，さらに発展するためには，工種の拡大が欠かせないと考える。工種の拡大のためには，開発者による技術開発の促進とともに設計等についても無人化施工（建設ロボット技術も含む）を考慮することも重要であると考える。なお，工種拡大について，当センターを含む7社で新型土嚢を用いた高速築堤技術，泥濘化した軟弱地盤改良技術等について研究開発中である。

（3）無線等による工事制約

近年，無線LAN等の採用により，解消の方向性は見えてきた。しかし，無線LANは，一般に開放された帯域であるため，工事専用の帯域確保が望まれる。前述の雲仙普賢岳実証実験にて公共BBの実効性について確認したが，これらの専用帯域の工事への開放と技術開発が望まれる。

（4）遠隔操作式建設機械の減少・老朽化

この問題の一番の解決策は，無人化施工工事の一定量の発注に他ならないと考える。機械の更新をするためには，工事の計画性が見えてこないと非常に難しい。また，工事の規模や内容についても考慮が必要であると考える。この状態が続くと施工実績のある工種が機械の消滅により，施工ができなくなる可能性や施工能力の低下が考えられる。

（5）無人化技術の伝承

無人化施工技術の継承のためは，国と民間の役割や守備範囲を明確にし，官民一体となって取組むことが重要である。前述したが，国の大きな役割のひとつに，無人化施工工事の一定量の発注が挙げられる。また，共通の問題としては，技術者（発注側，受注側）に対する技術の継承がある。当センターも微力ながら，技術伝承のための技術資料のとりまとめなどを行っている。また，平成13年8月に当センターで編集した「緊急時の無人化施工ガイドブック」について，本年度に改定をすべく，準備を進めているところである。

（6）人材の不足・高齢化

管理者（発注側，受注側）の問題について，少し触れたが，オペレータの不足・高齢化についても深刻な問題が残る。無人化施工は，時に，緊急性・迅速性と確実な成果が求められるため，受注者側は，その要求に応じるべく，熟練したオペレータを重用せざるを得ないことがある。このため，全国でも数少ないオペレータの経験差があることも否めない。これは，工事量や工事内容だけの問題ではなく，これを解消するためには，人材育成が欠かせないと考える。当センターも国主導で検討が進められている無人化オペレータの育成計画に協力しているところである。

5．おわりに

雲仙普賢岳の試験フィールドから約20年が経過し，
その間，技術は着実に進歩し，対応可能な工種も増えてきた。平成23年3月に発生した東日本大震災において採用された無人化施工は，日本製の技術で，最初に活躍した災害対応ロボットとして，各方面から脚光を浴びた。この技術は，今後，要素も含め，多方面に普及していくと考える。

最後に，本報文を書くにあたり，ご協力およびご指導いただいた関係各位に深甚なる敬意を表します。

JCMA

《参考文献》

1）吉田他：無人化施工の実績と今後の展望について，JACIC情報104号，p.18-23，平成24年1月
2）吉田他：雲仙普賢岳超遠隔操作実験における伝送状況確認試験等について，第13回建設ロボットシンポジウム，平成24年9月

［筆者紹介］
吉田　貴（よしだ　たかし）
（一財）先端建設技術センター
企画部　兼　技術評価室
参事

特集>>> 土工

土工機械メーカのグローバルアライアンス

内 田 直 之

世界の建設機械メーカは，規模・製造製品・会社思想により二極化している。その一つは顧客層を地元のユーザに絞り，展開する地場型メーカ，もう一つは顧客層を国際プロジェクト，国家・地方公共団体，資源鉱山，大手建設会社等とする規模拡大志向型メーカである。合従連衡は後者のグループが中心となり進められ，そのパターンを機能別に分類すると①開発分業・協業，②生産分業・協業，③販売・プロダクトサポート分業・協業に分けられる。

キーワード：開発分業，生産分業，プロダクトサポート分業

世界の建設機械メーカの前身各社は，第１次世界大戦前より建設機械の前身となる技術を培っており，両世界大戦中は軍需工場としてその技術力が活用され，その発展の契機となった。戦後は建設機械メーカとして，経済全体の国際化に合わせて，規模・製造製品・会社思想により，次第に二極化していく。

一つ目のグループは，顧客層を地元のユーザに絞り，開発・製造・販売・サービスを展開する地場型メーカである。二つ目のグループは，顧客層として，国際プロジェクト・国家・地方公共団体・資源鉱山・それに準ずる大手建設会社顧客を視野に入れた規模拡大指向型メーカである。現在，グローバル規模でアライアンスは進行しているが，これは規模拡大を目指す後者のグループの戦略である。1950 年にキャタピラー社の欧州進出を皮切りに，本格的な合従連衡が始まった。

国際分業･協業（合従連衡）を促進する背景は，「事業機会・規模の拡大　―新市場への展開」にあり，大きくその方向をみれば，

①新規扱い製品セグメントへの展開

②国際市場セグメントへの展開

であると言える。

これらの国際分業・協業のパターンを機能別に分類すると大きく次の通りに分けられる。

①開発分業・協業

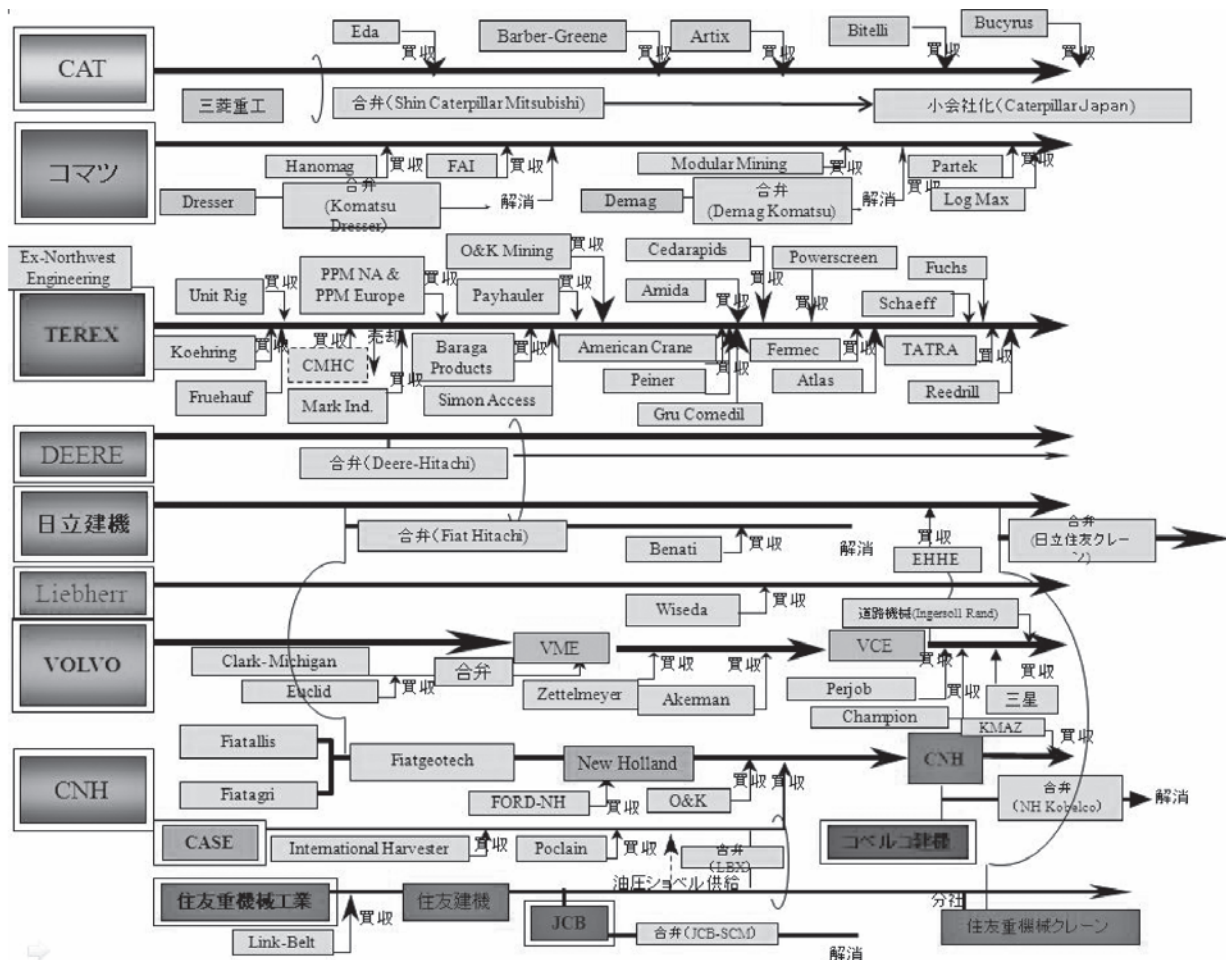
②生産分業・協業

③販売・プロダクトサポート分業・協業

①「開発の分野」で顕著な例は，油圧ショベルでの日本メーカである。日本メーカは，この分野では重要なグローバルプレイヤーである。これが利害関係としては，相手先には，日本製油圧ショベルに対抗できる製品を自己開発するためには，開発費と時間がかかり過ぎ，一方，日本メーカにすれば，自前で満足できる販売促進結果を出す為には，金と時間がかかり過ぎるというのが主因であろう。

②「生産の分野」は，「輸出規制等でやむなく現地生産」，「経済的諸条件を総合的に検討した後の現地生産」等の条件が最も多いケースであり，前者は発展途上国に多く，後者は欧米先進国市場に多く，日本メーカの場合，貿易摩擦回避の観点より積極的に対応してきた。近年では，部品・コンポーネントの共同購買，世界的調達分野での国際分業・協業も促進されてきている。

③「販売・プロダクトサポートの分野」の場合は，従来，現地資本の販売店をアポイントし，FOB 輸出に徹するメーカが多かったが，よりきめの細かい市場管理を実施し，販売機会の拡大を図るためメーカが地域販売会社を設立したり，現地販売店に直接資本参加するケースが増えてきている。

上記，国際分業形態を大きく３つに分類したが，一方で最近の傾向として日本メーカが参加した，開発・生産・販売 / プロダクトサポート分野を跨いだ大型国際分業のケースが増加してきた。この形態は，お互いに世界市場で競争力のある主力製品を持った大企業が，その製品を梃子に合従連衡を思考するもので，地域市場責任体制の方向へ進んでいる。上記を促進する手段としては，買収，技術提携を含む合弁会社設立等があるが，最近の傾向としては，市場規模が拡大して

図―1　建設機械産業の世界規模でのアライアンス

いる，規模の小さいユーティリティ製品関連会社を大手が買収するケースは多い。

さらに，世界各メーカ間の合従連衡が推進された背景には，製品の品揃えの必要性が挙げられる。建設工事においては，工程に合わせて他種類の機械の組み合わせが必要となる。これらは大型プロジェクト，大手顧客らが，買付時においてより高度で一貫したサービス・保証を求める「建設機械のパッケージ購入化」につながる。一方，経済環境としても，前述の通り，1985年プラザ合意に起因する円高，それによる価格競争力の低下と，欧州・米州では経済摩擦を抱え，輸出から域内インサイダー化へ海外進出の転換を図る結果となった。こうして地場メーカなり，国家や地方自治体の誘致なりという広義のパートナーを求めていった。

日本の油圧ショベル技術が世界をリードしているため，品揃えを求める海外各社と，インサイダー化したい日本メーカとの間で補完関係が成りたった。あるいは，日本メーカ自身が品揃えのために海外メーカとの間で製品補完関係を成立させてきた。日本メーカは油圧ショベルの製品技術の提供，海外メーカはそれ以外の部分を提供するという形である。結果として，グローバルアライアンスが形成された。

1990年代後半になると，日本ではバブル崩壊による経済失速が起き，東南アジアでは通貨危機が発生し，北米・欧州とともに世界の需要の三分の一を担ってきた市場が壊滅的な状況になり，世界的な需要に対し大きな影響を与えた。特に日本からの中古車の流出方向がそれまで中心であったアジア地域からその他に向かったことで，建設機械市場に大きな影響を与えることになった。新車についてもアジアを失ったことで，残る欧米市場での競争が激化したが，日本製の輸出中心ではなく，これまで促進してきた海外工場の有効活用という形で採算を考慮しつつの対応となった。

2000年代に入ると，金利の低下による住宅着工等の需要に牽引され北米市場が非常に活況を呈し，また，それまで低迷してきたアジア市場にも明るい兆しが出てきた。更に，経済発展を急速に進めてきた中国が市場経済の仲間入りをしたことで，アジア地域全体が底上げされてきた。その結果，世界市場が再度米州・欧州・アジアという三大市場が並び立つという状況になり，これに対応するために建設機械業界では更に合

従連衡が進むことになった。大手企業グループでは，設計の標準化により汎用機のグローバルな展開を進め，コストの削減を図り，競争力を増強し，その製品の市場に最も近いところで設計・製造を行い，各拠点から相互に供給を行うグローバルソーシングの為の海外展開に注力をしてきた。一方，大手グループ外のメーカは，主として地域特性を重視したマーケット対応力に重点を置くことで，大手とは異なる，一定の地域・マーケットに特化する戦略をとっており，大手中心のグローバルな競争と，大手以外を中心とした地域別・市場別での細やかな対応を中心とした競争とに分かれた形になってきている。

JCMA

[筆者紹介]
内田　直之（うちだ　なおゆき）
一般財団法人 日本建設機械工業会
業務部
次長

特集>>>　土工

専門工事業者による
機械土工の施工計画

岡　本　直　樹

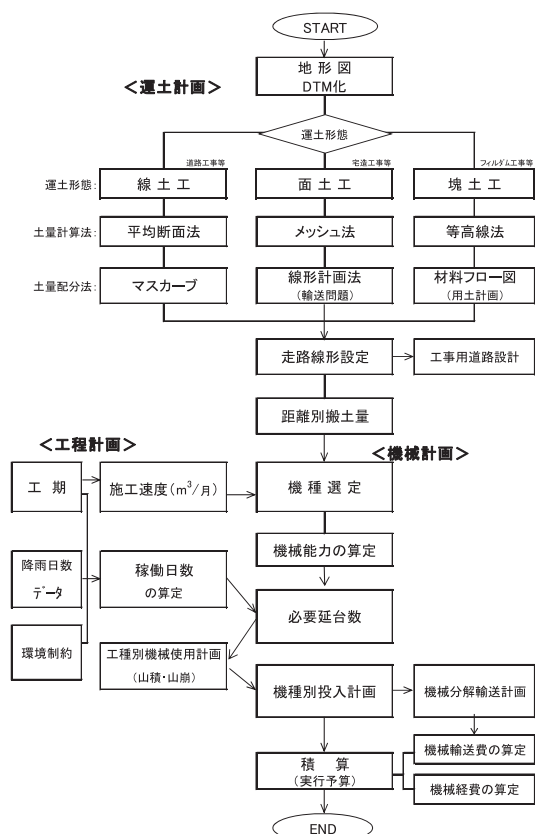
機械土工の施工計画について，専門工事業者による作成方法を体系的に紹介する。まず，作成プロセスを運土計画から機械計画，工程計画の３段階に分けて，そのワークフローに沿って解説する。運土計画では，運土形態を線土工・面土工・塊土工に分類し，それぞれの土量計算法・土量配分法等を説明する。機械計画では組合せと機種選定や必要延台数等について，工程計画では機械の延台数の利用と山積／山崩について述べ，最後に機械土工のCIM的な話題についても触れる。

キーワード：機械土工，施工計画，運土計画，土量配分計画，組合せ機械，機種選定，シミュレーション，DTM，DEM，CIM

1. はじめに

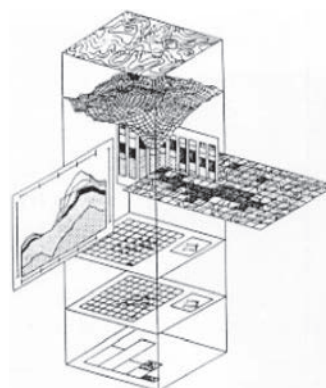
近年，書店の土木コーナーが消滅しつつあり，土木図書の出版も減少している。少なくなった機械土工の施工計画に関する参考図書も，内容的に古いままで硬直化していて，実際的でない記述も多々見られる。

この度，日本機械土工協会が主催する登録機械土工基幹技能者講習の受講者の増加と更新時期を迎え，テキストも改訂[1]することとなった。また，発注者・コンサル・ゼネコン等からの実務的な質問や問い合わせが近頃多いので，専門工事業者による施工計画の組立方をテキストからも引用しつつ体系的に紹介する。

START
地形図 DTM化
<運土計画>
運土形態
道路工事等　宅造工事等　フィルダム工事等
運土形態：線土工　面土工　塊土工
土量計算法：平均断面法　メッシュ法　等高線法
土量配分法：マスカーブ　線形計画法（輸送問題）　材料フロー図（用土計画）
走路線形設定 → 工事用道路設計
距離別搬土量
<工程計画>　<機械計画>
工期 → 施工速度（m^3/月） → 機種選定
機械能力の算定
降雨日数データ → 稼働日数の算定 → 必要延台数
環境制約
工種別機械使用計画（山積・山崩） → 機種別投入計画 → 機械分解輸送計画
積算（実行予算） ← 機械輸送費の算定，機械経費の算定
END

図―１　施工計画のワークフロー

2. 施工計画のプロセス

施工計画作成プロセスを概説すると，図面・仕様書等の設計図書から工事概要を把握した後，概ね，**図―１**のような流れで施工計画の作成を進めていく。

まず，原地形図と造成計画図の差分から土量計算を行い，土量分布を把握してから，最適な土量配分を行う。ここで地形図をDTM（**図―２**）化しておくと後の作業が容易である。次に搬土走路を設定して，距離別搬土量を求める。これらに組合せ機械を選定し，そ

図―２　DTMの概念図

れぞれの機械能力計算から必要延台数を求める。この延台数を工種別工程に機械を割付けて山積／山崩を行い，機械投入計画を作成する。最後に機械経費等を積算し，見積や実行予算書を仕上げる。

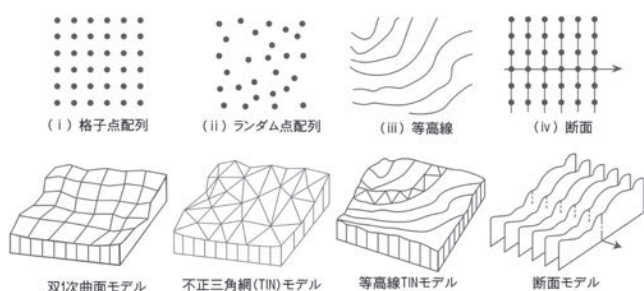
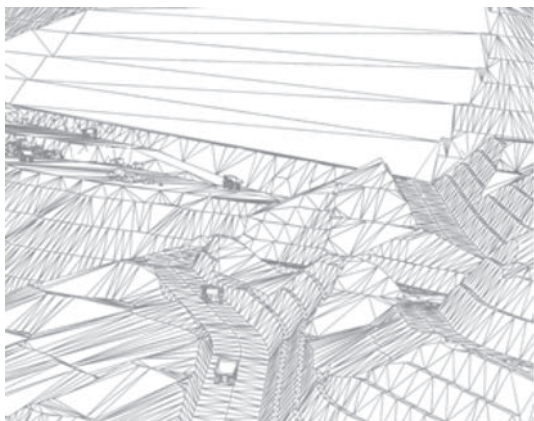
3. 運土計画

(1) 運土形態

土工事を分類すると，運土形態から線土工，面土工，塊土工に大別できる。道路・鉄道・堤防等の工事のような線状の運土工は線土工，宅地造成や敷地造成の多くは面状の運土となるので面土工である。また，フィルダム工事の原石山・コア山・ダム堤体等のような，塊状の離散分布は塊土工（マッシブな土工）になる。それぞれの運土形態には，各々適した土量計算法と土量配分法がある。

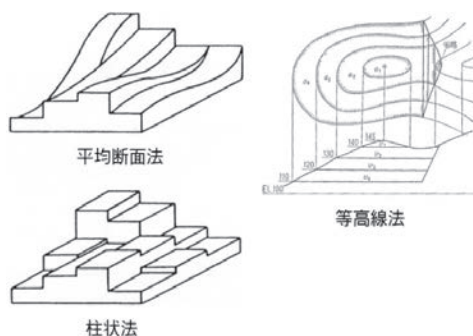
(2) DTM

まず，地形図は情報処理に適したDTM（Digital Terrain Model）として数値化する。

地形図の一次地形情報には，等高線，断面図，格子点標高，ランダム点標高等があり，それらから**図―3**のような数値標高モデル（DEM：Digital Elevation Model）を作成するが，相互変換も可能である。近年ではレンダリングに適したTIN（Triangulated Irregular Network：不整三角網）によるモデリングが一般的となっている。**図―4**は，原石山付近を俯瞰した等高線TINモデルの例で，工事用道路上には重ダンプを配置している。これにスムーズシェーディングを施すと陰影のあるCG鳥瞰図ができる。

図―3 各種のDEM[8]

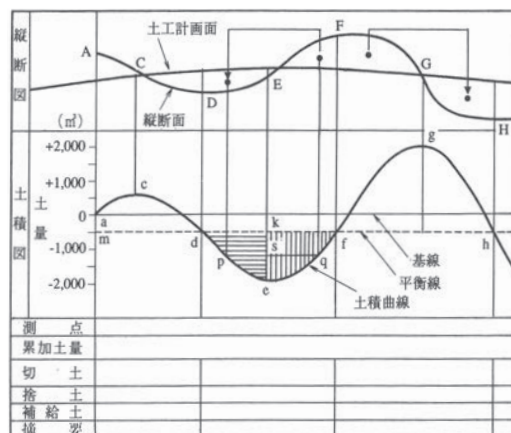
図―4 等高線TINによるモデリング例

(3) 土量計算と土量分布図

土量計算と土量配分は前述のように土工形態に適した方法を選ぶ。土量計算には線土工では線状の土量を捉え易い平均断面法，面土工では面状の土量把握に便利なメッシュ法（柱状法）を用いる。塊土工は塊状なので，採石計画や堤体盛立計画のように施工進捗に合わせて，標高毎の土量把握が行える等高線法が便利な場合が多い（**図―5**）。

図―5 土量計算の模式図

(4) 土量配分法[6]

①線土工の土量配分

線土工では，よく知られているマスカーブ（土積図）を利用して土量配分を行う。マスカーブはExcelで土積計算を行い，グラフ機能を利用して描き，平衡線を加えれば簡単に土量配分ができる（**図―6**）。

図―6 マスカーブによる土量配分

②面土工の土量配分

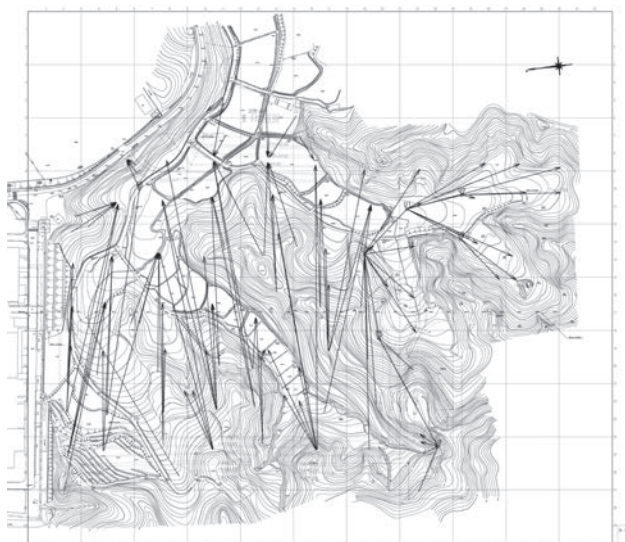
面土工のような2次元的な拡がりをもつ運土形態で

の土量配分では，マスカーブ手法が利用できない。このような土量配分は，輸送問題として線形計画法で最適化する。**図―7**の例では，メッシュブロック m × n 個間の運土の総仕事量 W_d（m^3・m）の最小化を図っている。

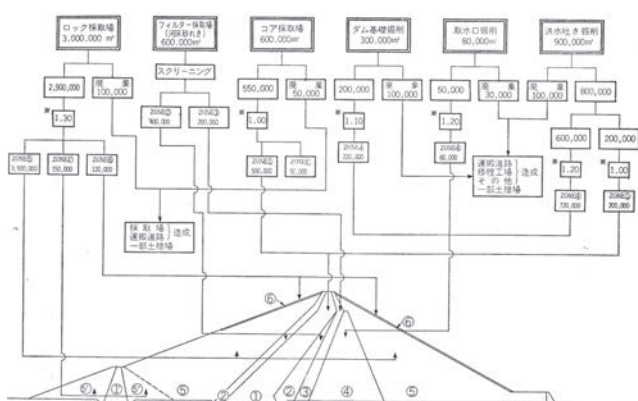
$$W_d = \min \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} V_{ij} \cdot D_{ij} \quad (m^3 \cdot m)$$

V_{ij}：各ブロックの土量

D_{ij}：各ブロック間距離

図―7の運土矢線は最短直線距離を示しているだけなので，運土経路を考慮した実走行距離に置き直す必要がある。ソフトウェアで運土経路や経路障害を設定して，実際的な迂回矢線を描くことも可能である。

図―7　面土工の運土矢線図

③材料フロー図（**図―8**）

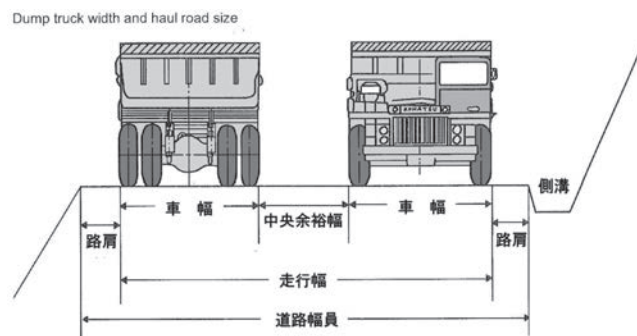
塊土工は，フィルダム工事や採石工事が代表的で，材料をグリズリ等で選別して仮置き後に利用したりして，2次・3次運搬が発生する。このように煩雑な経路となる場合は，運土の流れを材料フロー図として表す。

図―8　材料フロー図

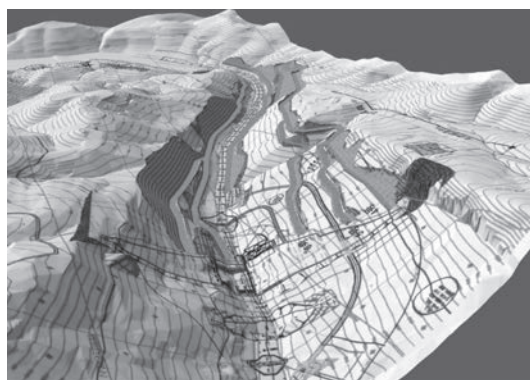
（5）**工事用道路（図―9）**

①線形設定

土量配分が決まると工事用道路を設定する。経路の線形は，土取場と盛場の空間的位置関係と地形，機械性能等を考慮して決定する。特に縦断線形では，牽引力と制動力（**図―17**）に配慮する。スクレーパ工法では経路設定のみで特段に工事用道路設計を行う必要性は少ないが，ダンプトラックの運搬で本格的な工事用道路を造成する場合は，工事用道路設計[5)]を行う。

②工事用道路設計

工事用道路の設計は，専用の3D-CADを用いて行うと容易である。走路線形は，土量配分計画を基に地形や設計速度を勘案して，縦断勾配・曲率・視距等に配慮して計画する。工事用道路の基本諸元は，道路幅員を車両全幅の3.5倍以上，縦断勾配10%以下，最小曲率半径50 m以上，片勾配は4%程度等とする。

図―9　工事用道路

図―10はCADで作成した取付道路を示している。3Dモデルの表面には，レンダリングの他にテクスチャマッピングで図のような平面図や航空写真等を張付けることができる。

図―10　工事用道路の取付け例

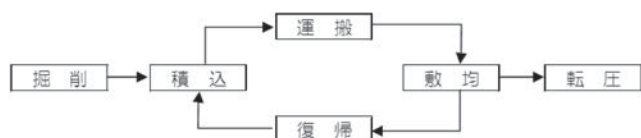
③距離別搬土量

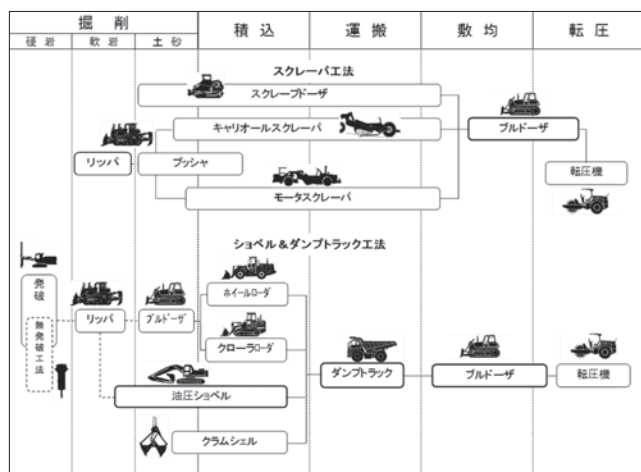
搬土経路を考慮した土量配分計画から距離別搬土量を求め一覧表にまとめる。この距離別搬土量を基に組

合せ機械をセットして作業能力を求める。

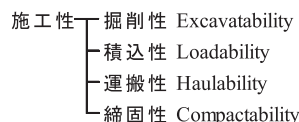
4. 機械計画

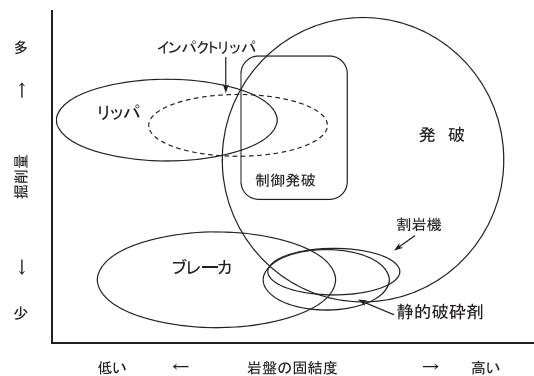
(1) 組合せと機種選定

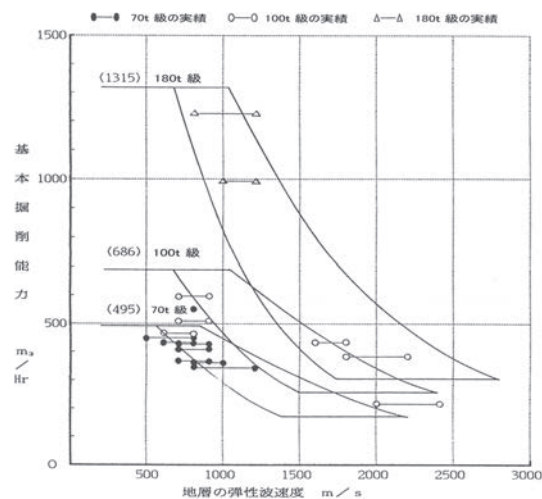
機械土工は，切盛に伴う連続したダイナミックな作業であり，図― 11 のように掘削・積込・運搬・敷均・転圧を繰返す，組合せ作業となる。

図― 11 機械土工の作業

施工法は，大きく分けてスクレーパ工法とショベル＆ダンプトラック工法に分類でき，一般的には図― 12 のような組合せから機種を選択する。

図― 12 機械土工の組合せ

まず，工程が要求する施工速度（m^3 ／月）からメイン機種の選定を行う。基本的にショベル＆ダンプトラック工法では積込機を最初に決定し，スクレーパ工法では条件にあったスクレーパの機種を選ぶ。残りのセット機械は，メイン機械の作業能力に合わせて機種を選定する。

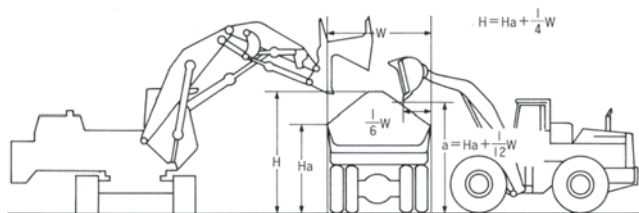
作業能力以外には，それぞれの作業での適合性，即ち施工性を考慮する必要がある。その施工性をそれぞれの作業に対応して分解すると，掘削性・積込性・運搬性・締固性となる。従って，掘削作業では掘削性を検討し，掘削能力やリッパビリティ等を調べ，積込作業では積込性として，積込材料の粒径や運搬機とのマッチングをチェックする。運搬機では，運搬距離の経済性の他にトラフィカビリティ，牽引力等の登坂性にも配慮し，締固作業では締固性を検討し，締固機械の土質に対する適応性と締固能力を調査する。

①掘削性 Excavatability

岩掘削工法の適用範囲は概ね図― 13 のようになる。

図― 13 岩掘削法の適用

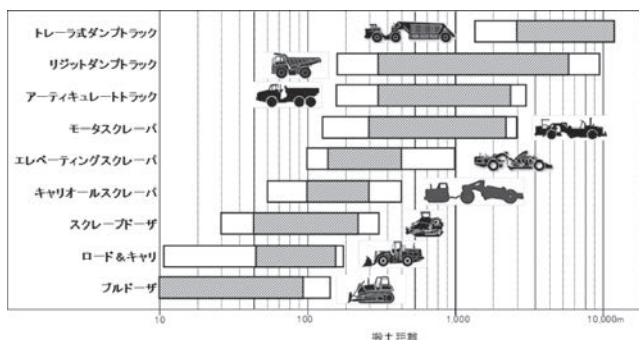
軟岩掘削では，リッパビリティを弾性波速度で示すが，大型バックホウの場合も同様に図― 14 のような掘削性を調べて判断することができる。他の機種でも同様な掘削性資料を選定の参考にする。

図― 14 大型バックホウの掘削性

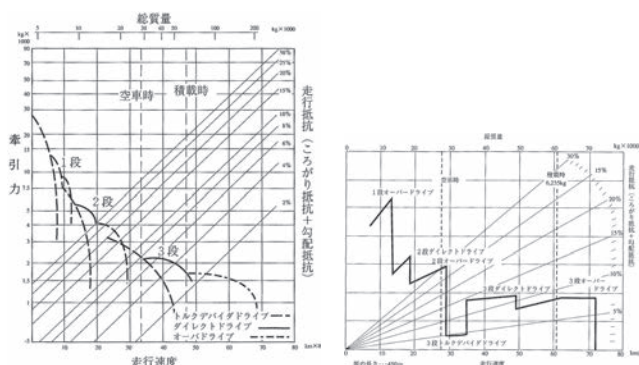
②積込性 Loadability

ローダの選定では，バケット幅を運搬機の荷台幅の 3/4 以下とし，図― 15 のようにダンピングクリアランス等の運搬機とのマッチングを考慮する。また，破砕岩の粒径による積込み性の違いやローディング法の長短も理解しておく。

バックホウ積込みでは，積込み位置と旋回角度等を考慮する。

図― 15　積込機の組合せ

③運搬性 Haulability

搬土機械については経済的搬土距離を考慮して，使用する機種を決定する。適用範囲は概ね図― 16 のようになる。

図― 16　経済的搬土距離

走路の縦断勾配と走行速度の関係は，図― 17 のような牽引力曲線やブレーキ性能曲線から求めることができる。また，長距離高速運転する場合は，タイヤのヒートセパレーションにも配慮する必要がある。

図― 17　牽引力とブレーキ性能曲線

(2) 作業能力の算定

①組合せ作業能力

ショベル＆ダンプトラック工法では，基本的に積込機の能力に見合うセット機械を選定する。従って，セット機械は同一以上の能力を求められ，セット機械の組合せ能力は積込機の能力と同じになる。多少の能力差は稼働時間で調整できる。

②積込機の作業能力計算

積込み作業は単独作業ではなく，ダンプトラック（DT）との組合せ作業になるので，作業能力算定において q を別々に設定して計算すると整合性がとれなくなる。そこで，DT の積載量 q_h を基準に，その積載量 q_h を満たすために必要な積込み回数を設定して，積込み能力を算定するとよい。

$$Q = \frac{3600 \times q_h \times f \times E}{C_s \times n}$$

Q ：積込機の作業能力（m^3/h）

q_h ：ダンプトラックの積載量

f ：土量換算係数

E ：積込機の作業効率

C_s ：一杯の積込サイクルタイム（秒／杯）

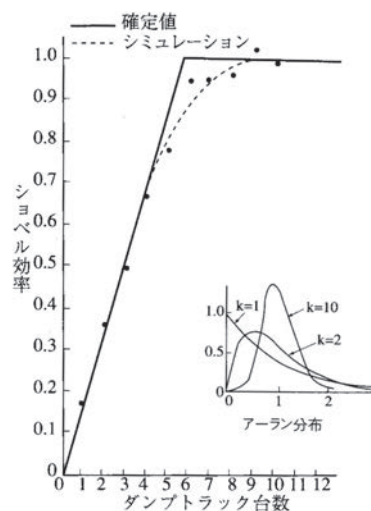
n ：積込回数（杯／台）

③走行シミュレーション

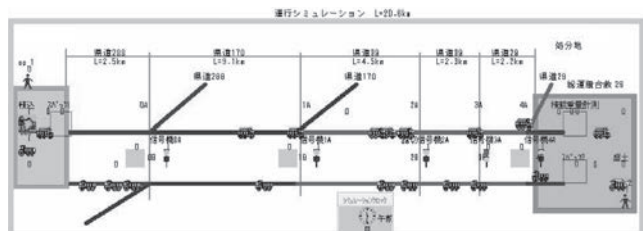
搬土機械の作業能力は，平均走行速度から求める方法が一般的であるが，アップダウン等の変化に富む走路の場合には，牽引力と制動力（図― 17）から走行速度を合理的に求めて，サイクルタイムを決定する走行シミュレーション[10] を利用できる。また，これは設計した工事用道路の評価にも利用できる。

④待ち行列の考慮

組合せ機械の施工においては，積込場や盛場で積込待ちやダンプアップ待ちの行列が発生する。DT の所要台数を決定する場合，通常の作業量算定式で計算を行うと図― 18 のグラフの実線のように，DT の台数増加に比例して搬土量（グラフではショベル効率で表示）は直線的に増加し，積込機の作業能力を限界として頭打ちとなる。しかし，実際に DT の台数を変化させて運搬量を測定すると破線のような曲線になる。増車に伴って待ち行列が発生するからである。

搬土機械の待ち行列モデル[7] は循環型待ち行列となり，その確率分布はアーラン分布となる。待ち行列

図― 18　DT 台数と待ち行列

シミュレーションを利用すれば，より正確なサイクルタイムや所要台数の決定に利用できる。

また，運行経路上の交差点や離合箇所で待ち行列が発生する場合のサイクルタイムや所要台数の算定にも有効である。このプログラミングにはシミュレーション言語（SLAM II 等）を用いたが，近年ではパソコン用の簡易ソフトウェア（**図― 19**）が利用できる。

図― 19 簡易ソフトによるモデリング例

⑤必要延台数

工種別の組合せ機械セットが決まると，工種毎の各機械の必要延台数を求めておく。

5．工程計画

工程計画では，最初に工期と気象データや環境制約から施工速度（m^3 ／月）と稼働日数を求めておき，機械計画での機種選定と必要延台数の算定に供した。

（1）必要延台数の利用

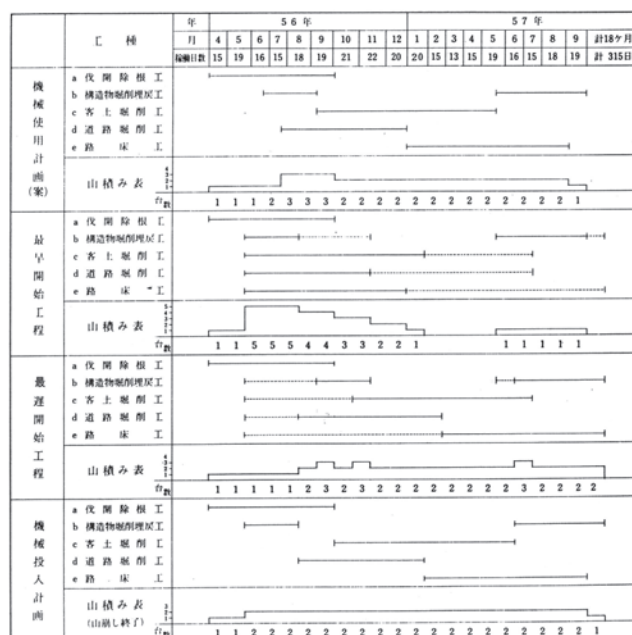
機械土工の工程計画は，工種別工程に機械を割付けることである。そのために機械計画で求めた必要延台数を利用して，工種別工程表に機械を展開する。

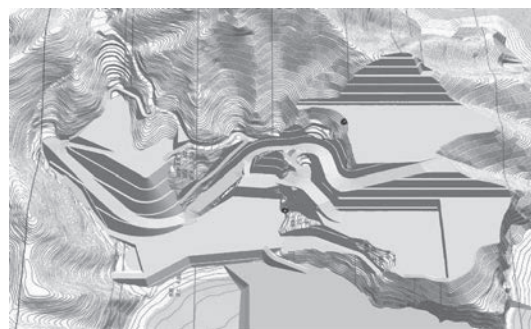
（2）山積／山崩

工種別工程表に機械を割付けると機種別投入台数の合計にムラができる。機械台数のムラは工程途中の搬入出を増加させるので，投入台数の平準化が求められる。そこで山崩を行う。山崩は，**図― 20** のように最早開始工程と最遅開始工程の間で調整する。

図― 20 山積／山崩

6．CIM について

近年，建築の BIM（Building Information Modeling）に刺激されて，土木分野でも CIM（Construction Information Modeling）の導入が検討されている。機械土工の施工計画の作成においては，前述のように 3D-CAD 等を活用している。地形 CAD はサーフェスモデルで，地層は多層化して表現できるが，複雑な地質はモデリングが難しいので，地質構造をソリッドモデルとして埋込み，属性情報として地質・土質データをもたせたい。その他に施工段階を迅速に検討できる 4D-CAD 機能が望まれる。

（1）施工段階図

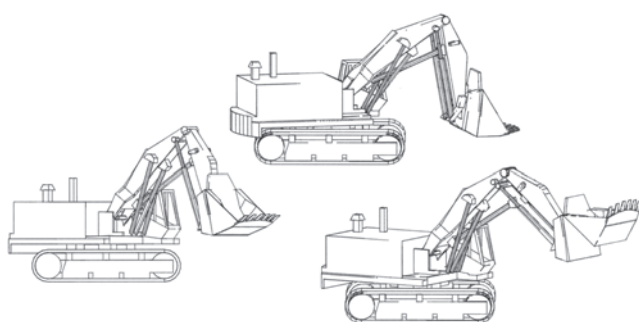
3D-CAD で作成したモデルは，鳥瞰図や完成パースを自由な視点で表示でき，ウォークスルー機能で自由に動き回ることもできる。また，レイトレーシング等の高描写画像や重機稼働は，コマ落としによりアニメーション化が図れる。ウォークスルー機能も時間軸の一種であるが，工程を加味した 4D 機能が望まれる。施工計画では施工段階図を作成し，切羽展開や取付道の検討を行うが，この作業に**図― 21** のような地形 3D-CAD を利用すると曖昧さがなくなり，早期により実際的な検討（フロントローディング）が行える。しかし，3D-CAD を利用しても力仕事となり，効率化を図りたいが，自動化が難しいプロセスである。

図― 21 施工段階図

近年，実際の施工段階での出来形測量に3Dレーザスキャナや写真測量解析の利用が容易になってきている。特に最近の技術革新により，廉価な自律型マルチコプタ等の小型UAV（無人航空機）による航空写真測量が可能となり，高精度な現況地形モデリングによる照査が行え，残工事の施工計画の再検討に利用できるようになった。

施工法の検討や施工の進捗をリアルに表現するには，地形の施工シミュレーションと重機稼働表示が不可欠であろう。究極的には，VR（Virtual Reality）やAR（拡張現実感），MR（複合現実感）の仮想空間に入り込み，仮想体験的に施工検討を行えることである。技術的には現在技術で実現可能であるが，非効率なモデリングとコストが課題である。

(2) 重機稼働アニメーション

図―22はCGで作成した重機の例である。重機稼働のアニメーション[9)]は，**図―23**のように関節を可動にしておけば，コマ落としで作成できるが，多彩なシナリオが求められる。

図―22　CG建機

図―23　重機アニメーション

7. おわりに

最近の土工事に関する参考書は，土工を静的というか，切土や盛土構造物としての捉え方が多く，ダイナミックに連続した切盛作業として捉えたものが殆どなくなっている。また，近年の官側の積算は簡素化が図られ，作業量算定式等が明示されなくなり，応用が利かなくなっている。道路土工指針の今回の改訂でも施工指針が廃され，機械土工の記述が減少している。

官積とは積算方式や施工計画の組立方に違いがあるが，専門工事業者による実際的な機械土工の施工計画作成法を紹介した。幾ばくかの参考になれば幸いである。紙幅の関係で概要しか記せなかったが，詳細は以下の参考文献等を参照して頂きたい。

《参考文献》

1) 日機協，登録機械土工基幹技能者テキスト，2013.5
2) 岡本，連載 土工機械の話1～6，月刊土木施工2009.7～12，インデックス出版
3) 岡本：デジタルアースムービングによる施工計画，建設機械，日本工業出版，2009.11
4) 岡本：デジタルアースムービング，建設の施工企画，JCMA，2009.3
5) 岡本：工事用道路の設計と安全，建設の施工企画，JCMA，2008.7
6) 岡本：4章 土量配分計画，環境土構造工学（1），電気書院，2006.4
7) 岡本：情報化土工，環境土構造工学（2），電気書院，2005.11
8) 村井俊治：空間情報工学，日本測量協会，2002.8
9) 岡本・田中：重機稼働アニメーションについて，第17回土木情報シンポジウム講演集 1992.10
10) 岡本・大下：搬土機械の走行シミュレーションにおける走行速度の合理的決定法，第9回建設マネジメント問題に関する研究会・討論講演集，1991.12
11)「土工教室」http://www.yamazaki.co.jp/data/school/edc.htm
12)「土工塾」http://hw001.spaaqs.ne.jp/geomover/index.htm

[筆者紹介]
岡本　直樹（おかもと　なおき）
（一社）日本機械土工協会
講習委員会　専門テキスト作成部会
座長

特集>>> 土工

岩塊盛土の今昔

古屋 弘

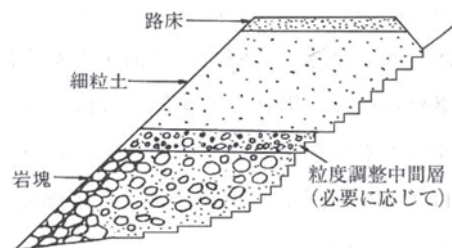
盛土に用いる土については，施工が容易で，盛土の安定を保ち，かつ有害な変形が生じないような材料を用いることが原則である。しかし，経済性や環境に対する配慮も含め，盛土材料としては可能な限り現地発生土を利用する必要もある。今回取り上げる岩塊は，土工にとっては施工上の考慮を行わなければならない材料の一つであり，最大粒径および粒度分布に注意することにより，工作物の埋め戻し，構造物の裏込めをはじめ，ロックフィルダム，道路などの路体，空港の高盛土造成などの工事に適用されてきた。さらに近年では，施工機械の大型化と高性能化により，盛土の要求性能を確保しつつ厚層化による施工の効率化も実現している。

本報では，岩塊盛土の特徴と施工方法に関して，「岩塊盛土の今昔」と題して利用の変遷を概説し，近年の岩塊盛土の施工方法を紹介する。

キーワード：土工，岩砕盛土，岩塊，転圧

1. はじめに

近年では新しいインフラ整備の勢いは弱まってきてはいるが，新たな道路や鉄道路線建設なども進められている。それらは高規格なものとするため線形を維持することが求められ，山間部では橋梁やトンネルの施工が多くなってきている。このような場所では，切盛りが多く，長大トンネル掘削にともない発生する岩砕なども，発生土の有効利用の観点から盛土材料としての適用が求められている。しかし岩塊は通常の盛土材料の粒度特性とは異なり，大粒径で粒度分布が悪い材料であることが多く，敷均しや締固め作業が難しく取り扱いにくい材料でもある。一方で岩塊は，使用に関して留意しながら施工を行うことにより，軟岩材料を除いて盛土としてできあがった時には安定性が高いことが特徴である。例えば，岩塊材料を用いて盛土を施工する場合，**図―1**に示すようなゾーニング盛土を行ったり，リップラップへ大塊を用いたりすることも行われている。この際前者では，盛土部では岩塊の最大粒径を制限するとともに，出来るだけ小割にして施工を行う事を基本とし，また，リップラップでは岩塊の隙間を細粒土で埋めるなど盛土の密度を高めるための施工の工夫を行い，安定性の高い盛土を施工することを基本としている。

岩塊盛土は，上記のような施工場所の要件から以前よりも扱う機会が増えつつあるが，これらの実現には，

図―1 岩塊の有効利用の例（盛土体への利用の一般例）

施工機械を含む施工の高度化が果たした役割は大きい。さらに，近年の災害に対する復旧工事では「強化復旧」（現状有している機能以上の性能で復旧する）が実施され，岩塊盛土の性能の特長を生かし（現地発生土の有効活用という観点とともに），高機能な盛土造成にも寄与できる可能性も高い。このためには，岩塊盛土に関しては，計画から設計・施工，維持管理まで入念な検討を行い，有効に活用することが重要である。

2. 岩塊盛土の施工の特徴

土工においては，経済性のみならず環境保全の観点から，現地発生土を有効に利用することが望まれている。この発生土の利用の目安に関しては，詳細な工学的な判断によることはもちろん重要であるが，参考文献1）に示されるように第1種または第2種建設発生土に分類され[2)]，その性状やコーン指数などにより判定し，この結果により適用用途を決定することが多

表― 1　岩塊材料による盛土の留意点

分類	主な岩種	材料特性	使用にあたっての検討項目	施工上の留意点
硬岩	火成岩類 花崗岩，石英斑岩，流紋岩，せん緑岩，玄武岩，石灰岩など	・せん断抵抗角が大きい ・透水性が良い ・産出時の最大粒径が大きい ・材料が分離しやすい ・密度管理が困難 ・植生が困難	・小割にしない場合，岩の施工部位，および施工方法を検討 ・周辺での施工実績の調査	・一層あたりの撒出し厚は最大粒径の 1 ～ 1.5 倍とする ・材料分離を起こさない敷均し方法を検討 ・大きな岩塊は，盛土下部やのり面に集めるなどの工夫（ゾーニング：図― 1 参照） ・適切な施工機械の選定（施工厚に見合った締固め機械を検討） ・岩塊上の盛土上部に細粒材を用いる場合，粒度調整層を設ける（図― 1 参照） ・締固めは振動ローラを基本とし，締固め管理は特に入念に行う ・試験施工により施工方法を決定する（品質規定併用の工法規定）
中硬岩・風化岩	変成岩類（堅岩・ぜい弱岩に含まれないもの），片岩，片麻岩，粘板岩など	・産出時にぜい弱岩の判定が必要	・岩のスレーキング試験 ・岩の破砕試験	・締固めは振動ローラを基本とする ・締固め度による管理が実施可能
軟岩，風化軟岩	第三期の堆積岩，泥岩，頁岩，凝灰岩，砂岩など	・スレーキングするものが多い（泥岩，頁岩，凝灰岩） ・盛土後の圧縮性を考慮した計画が必要 ・pH の低いものが多く植生が困難	・露頭している岩の風化状況の確認 ・岩のスレーキング試験 ・岩の乾湿繰り返し試験 ・岩の破砕試験 ・周辺での施工実績の調査	・破砕転圧を行う事を基本とし，大型振動ローラ，タンピングローラなどによる入念な転圧を行う ・締固め管理は空気間隙率（15% 以下が基本）とする ・十分排水対策を検討する ・高盛土では極力利用しないことが基本であるが，やむを得ず使用する場合は，沈下による支障が生じにくい構造または補修にしやすい構造を検討する ・擁壁背面，構造物・バックスカルバートの裏込箇所には用いない

い。岩塊に関しては，これらの基準により最大粒径および粒度分布に注意することにより，工作物の埋め戻し，構造物の裏込めをはじめ，さまざまな工事に適用されてきた。しかし，例えば泥質岩砕の締固め特性に及ぼす粗粒分の影響評価などの問題も挙げられており[3]，施工時の取り扱いには十分な注意が必要である。

このため，岩塊を盛土材料として利用する場合は，母材である岩の種類に留意して施工方法を決定する必要がある。岩塊を盛土に利用する場合の施工の留意点を以下に記述するとともに，**表― 1** にまとめる。

（1）硬岩による岩塊

硬岩の岩塊そのものの性状は，転圧時の破砕や気象による細粒化などの変化が起きにくいため，安定した材料であるといえる。一方でこのような性質から，採取時・産出時の岩塊の最大粒径が大きく，近年では 1 層の仕上がり厚が 30 cm 以上となるように計画することが多い（日本においてロックフィルダムに使われる岩塊の最大粒径は約 2 m）。施工時には敷き均し圧の目安を最大粒径の 1.0 ～ 1.5 倍とすることが多く，後述する厚層締め固めを用いることもある。施工時には大小の粒径が混じり合うことが多く，敷均し時に礫だまりができ空隙ができやすいことから，材料分離を起こさないようにブルドーザやバックホウで丁寧に敷き均すとともに，隙間への土砂充填も必要に応じて実施する必要がある。

岩塊盛土に対して一般に言えることであるが，大型の振動ローラを用いて入念に転圧を行う必要があり，使用機械および転圧回数などを含めた施工方法は試験施工により決定する必要がある。

（2）硬岩よりやや弱い岩塊（中硬岩）および風化岩

施工時に転圧破砕する岩であり，基本的には硬岩の施工に準じる。入念な施工を行うことにより安定性の高い盛土を造成できる材質である。岩塊の中では扱いやすい材料であると言える。

（3）軟岩，風化軟岩

岩塊の分類[4]で規定されている第三期以新の堆積岩（泥岩，頁岩，砂岩など）のほか，風化した蛇紋岩，圧砕岩，風化結晶片岩，凝灰岩，変成した安山岩など，膨潤性およびスレーキングを起こす材料が多く，施工において最もやっかいな岩塊である。これらの材料は産出時（切土部で地山から崩した時点）には強度も大きいが，スレーキングなどにより，盛土完了後に大きな圧縮沈下を起こすこともあり，さらにこのスレーキングに起因して地震時に崩壊した事例もある。このため，これらの材料を使用する場合は，材料採取場所においてできるだけ小粒径になるように掘削や産出方法を検討すること，また薄層まき出しでタンピングローラや大型振動ローラ等で転圧破砕を行い，空隙ができる限り小さくなるような施工方法を用いる必要がある。また，乾湿の繰り返しにより細粒化が促進されることから[5]，降雨対策や排水処理を入念に行う必要がある。

3．従来の岩塊盛土の施工

岩塊盛土は，従来は施工機械（特に締固めに用いる

転圧機）に起因する転圧効果や施工性から，30 cm 以下に小割りし，30 cm 以下の仕上がり層厚になるように盛土することが一般的であった。これは，1960 年代後半までは大型の振動ローラが存在せず（自走式の大型振動ローラが国内で生産され始めるのは 1980 年代以降），起振力 50 kN クラスの振動ローラ，または運転質量 150 kN クラスのタイヤローラが用いられていたためである。なお，一部では被牽引式の大きなローラも用いられていたようであるが，後年，取り扱いの容易な自走式ローラに取って代わられた。

ところで，岩塊盛土と言えばフィルダムの施工であるが，1950 年代，現在のような大型機械も少なかった時代には，様々な工夫で施工を行っていた。日本で初の本格的ロックフィルダムである石淵ダム（岩手県，堤高 53.0 m，1945 年着工・1953 年竣工：ただし，竣工では小渕ダム（岐阜県，堤高 18.4 m，1951 年竣工）が先）では，岩石を投石してこれを高圧水で締め固めてダム本体を盛り立てる，投石・射水による施工が行われた。岩塊の締固めもさることながら，当時は掘削機や運搬設備も現在のような大型機械が無かったことから，施工の苦労が偲ばれる。この小渕ダムの成功を経て，御母衣ダム（岐阜県，堤高 131.0 m，1957 年着工・1961 年竣工）では，石淵ダムと同様に投石・射水による施工で，最大粒径 2.0 m の岩塊の堤体施工を行った。1960 年代に着工したフィルダムでは，大型の機械が登場し，投石によらず現在のような締固め方法での岩塊盛土の施工に代わっていったが，道路土工など一般盛土への岩塊の適用に関する基準などは，締固め機械の進歩と相まって 1980 年代以降に提案されることとなる。1960 年代までの主なダム盛土に関して，**表—2** にまとめる。

4．機械施工の進歩に伴う岩塊盛土手法の変遷

岩塊盛土の利用は，経済発展とそれに伴う社会インフラ整備に伴い，造成や道路工事などで必要性が高まり，特に山岳部での造成において解決しなければならない課題であった。高度成長期には建設需要も大きく，空港や高速道路の整備が急速に進み，それに伴う土工の増加で，必然的に岩塊を取り扱う必要があったからである。1980 年代後半からは，建設機械の高性能化と大型化が進み，特に掘削・積込み，運搬機械の大型化が著しく進み，施工能力が飛躍的に増大していった。さらに締固め機械も 1990 年代に巨大振動プレート（例えば**図—2** 参照）や，転圧力 300 kN 級のローラが出現し（SV160DV：酒井重工業㈱，1996 年），岩塊盛土の施工における品質確保にも目処が付きつつあった。しかし，フィルダムでの岩塊の取り扱いとは異なり，一般的な土工では締固めの層厚規定は旧来のままであり，200 kN 級の振動ローラを用いた場合を想定し，仕上がり層厚 30 cm を設定することが多かった。

図—2　1990 年に開発された巨大振動プレート [5)]

このような施工能力と設計・施工管理要領の不整合を調整すべく，当時の日本道路公団は 1983 年に岩塊・転石を取り扱う場合の考え方に関して基準化を図った [6)]。ここで盛り込まれたのは，岩塊の大きさに起因する盛土の厚層化で，盛土の要求性能を満たしつつ仕上がり層厚を厚くするための各種試験と検討が行われ [7)]，振動ローラの転圧力（自重＋起振力）を 320 kN 級に限定することにより，仕上がり層厚 60 cm の厚層転圧を許容し，岩塊の適用範囲を広げた。**表—3** には，現在，東・中・西日本高速道路㈱で実施されている施

表—2　1950 〜 1960 年代の主なダムの盛土方法

ダム名	場所	ダム 堤体高（m）	盛立・締固め方法	最大粒径	着工／竣工年
石淵ダム	岩手県	53	投石・射水	—	1945 ／ 1953
御母衣ダム	岐阜県	131	投石・射水 リフト高 4 m	約 2 m	1957 ／ 1961
九頭竜ダム	福井県	128	ブルドーザ転圧 撒出し厚 1 m	約 60 cm	1962 ／ 1968
大津岐ダム	福島県	52	110 kN 振動ローラ （起振力 350 kN） 撒出し厚 1.5 m	約 1 m	1965 ／ 1968

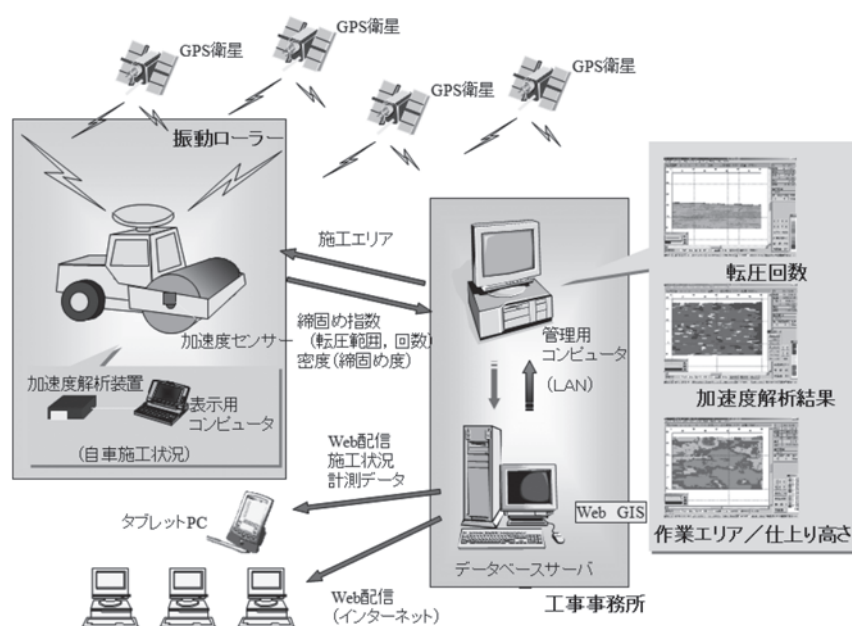
表―3　NEXCO における施工管理方法（概要）

区分	標準盛土 （標準締固め機械）	厚層盛土 （大型締固め機械）	備考
ローラ転圧力 （自重＋起振力）	200 kN 級	320 kN 級	
一層仕上がり厚さ （路体部）	30 cm 以下	60 cm 以下	
土質条件	全ての土質	土砂 C・D および脆弱 岩以外の土質	岩塊盛土の場合 工法規定方式
品質管理：締固め度測定 試験施工（施工前転圧試験）	表面透過型 RI 計器	2 孔式 RI 計器＋ 表面透過型 RI 計器	
品質管理：締固め度測定 日常管理試験	表面透過型 RI 計器	表面透過型 RI 計器	GNSS 管理（転圧軌跡管理）を用いる場合もある
締固め密度の条件	施工層内の平均密度が基準値を満足	1/2 下層部の平均密度が基準値を満足	

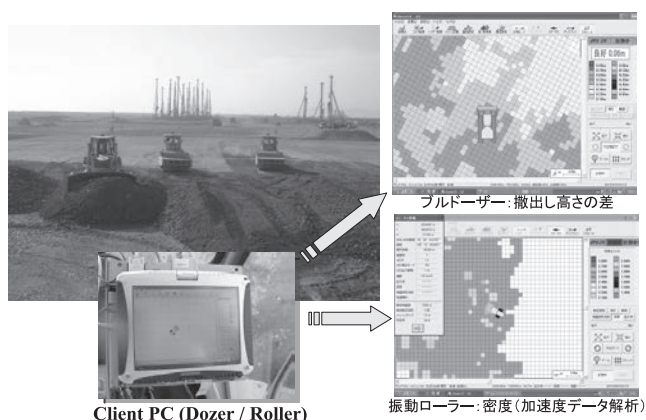
工管理方法の概要をまとめる[8)]。

ところで，岩塊盛土では粒径により，一般的な材料による盛土施工の品質管理で実施されている砂置換法などによる密度管理を適用できない場合が多い。さらに最大粒径が大きいことから，室内で実施する土の締固め試験（JIS A 1210）と現場との整合を取ることが困難な場合がある。このために，試験施工を行い「特別規定値」として施工仕様を決定することが多い（品質管理併用工法規定方式）。施工管理においては，この特別規定値による工法規定と水置換（JGS1612）や RI などを用いた密度管理を実施することが一般的である。近年では，この工法規定の担保として，**表―3** 中にも記したが GNSS（Global Navigation Satellite Systems）を用いた転圧回数管理システムの導入や，一部で振動ローラの加速度応答を用いた施工管理が実施されている。

(1)　盛土の情報化施工（工法規定による転圧回数管理システム）

盛土の締固め管理における情報化施工として，**図―3** に示す TS・GNSS を利用した締固め管理システムが挙げられる。TS（Total station），GNSS による測位法を用いて締固め機械の走行軌跡を計測し，盛土地盤全体の転圧回数を管理するシステムであり，その原理と特徴を**表―4** に示す。このシステムでは，締固め機械に搭載したパソコンの画面に，規定の密度を得るために必要な所定の転圧回数（工法規定に従い，事前の試験盛土施工により求めておく）に到達するまで，現時点での転圧回数を段階ごとに色分けしてリアルタイムに表示する。**図―4** にこの管理画面の一例を示す。盛土地盤全体においてこの処理を行うことにより，所定の転圧回数に達していないエリアをオペ

図―3　TS・GNSS を利用した締固め管理システムの構成図

表―4 TS・GNSS を利用した締固め管理システム

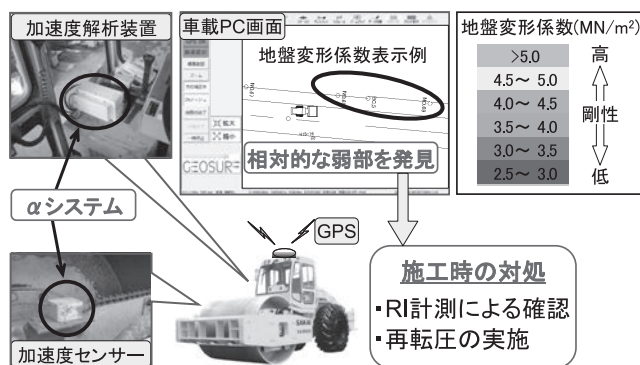
	TS を利用した締固め管理システム	GNSS を利用した締固め管理システム
原　理	重機にプリズムを設置し，作業領域外の視通の良い場所に設置した自動追尾式のトータルステーションで重機（プリズム）を追尾，重機の位置情報を取得。一般的には 300 m 程度の範囲で利用。	重機に設置した GNSS（GPS）にて重機の位置情報を取得。補正情報を必要とし，現場に基地局の GNSS を設置するか，仮想基準点（VRS）を利用する必要がある。一般的に基準局から 2 km 以内が望ましい。
重機の位置情報の取得場所	重機外の TS にて取得。位置情報を重機内の管理システム（PC）に無線または屋外 LAN にて転送。	重機に搭載した GNSS にて位置情報を取得し，データを車載の管理システム（PC）に転送。
転圧管理方法	軌跡管理／メッシュ管理（メッシュを通過回数に応じて色分け表示し転圧回数と通過場所を表示）	

図―4 締固め管理図の画面の例

レータがその場で把握できるシステムで，面的な締固め管理が可能であるとともに，品質の担保（工法規定遵守の確認）が行えることから，工法規定を採用することの多い岩砕盛土において重要な品質管理のシステムとなりつつある。

(2) 振動ローラ加速度応答法の活用

岩塊盛土のような粗粒材料を用いた盛土の品質管理は，前述のように工法規定を基本として，一定の盛土毎に水置換や RI などで密度管理を実施することが一般的である。しかし，特に水置換法などは作業自体が大がかりで数多く行えないため，品質の確認はロット数の少ない抽出サンプルで行うこととなる。また，試験に時間がかかるため，試験結果を現場施工にフィードバックすることは事実上困難である。

そこで，振動ローラの施工中に，振動ローラに取り付けた加速度センサーから各種のデータを取得し，それを締め固めた土の品質管理に利用する試みが研究され，1980 年に Thurner and Sandstrom により本格化した[9]。我が国でも 1980 年頃から検討が進められ[10), 11)]，地盤の剛性を計測する技術は確立されていた。しかし当時は広い現場内の位置座標を特定する技術がなかったため，実用化には至らなかった。1990 年代後半になると，GNSS を用いた位置特定技術と結びつけることにより，実用技術として現場での導入が検討されるようになった[12)～14)]。

一例として，2000 年初期に藤山・古屋らが開発した振動ローラ施工時の剛性管理を行うことのできる「α システム」[15)] を紹介する。**図―5** にこの加速度応答法を用いた適用事例を示す。当初この手法は一部の工事における品質管理に用いられてきたが，一般的な品質管理が密度管理を基本とすることから普及には至らなかった。しかし，道路設計の性能規定化や ICT の導入による高度な管理と品質の向上の要求により，2005 年以降，再び脚光を集めつつある。この手法は面的な品質管理を実施することができることで，施工中に相対的な弱部を発見でき，再転圧を速やかに実施することも可能となり，盛土の品質確保に関する信頼性の向上が期待できるから，空港造成や道路（舗装を含む）の盛土施工に使われるようになりつつある。

図―5 加速度応答法の適用例：「α システム」

5. 近年の岩塊盛土におけるトピックス

このように，近年ではトンネルズリなどの岩塊盛土が積極的に行われるようになった反面，それらに起因する問題も発生するようになった。これは自然に含まれる重金属類が，掘削時や盛土施工時に溶出し環境に悪影響を及ぼし，「自然由来重金属」と呼ばれる問題である。重金属そのものの毒性のほか，降雨などによる溶出に起因して酸性水も問題の一つとして挙げられる。これらの原因となる主な重金属類は，ヒ素，鉛，

フッ素，ホウ素で，人為的原因による重金属汚染とは異なる特徴を持っている。例えば人為汚染は，一般的に汚染源で濃度が高く，そこから離れるに従って濃度が低下するが，自然由来の重金属類は，地層全体にわたって広く分布していることから，トンネル工事などのズリを利用する場合にこれらの地層にあたることもあるので，対策に留意が必要である。例えば，硫化鉱物を含む地質でトンネルなどの掘削工事を行うと，地山内部の硫化鉱物が空気と水に触れて酸化し酸性水が発生することがあるが，これは硫化鉱物の代表的なもので黄鉄鉱（パイライト）が原因である。

このような自然由来の重金属類を含む岩石や土砂を対象に切り盛り土工事を行う場合には，その特性に応じて安全性を評価し，必要な対策を実施することになる。安全性の評価は短期リスク試験と長期リスク試験で行い，この結果により基準を大幅に超える岩材料に関しては廃棄処分をする必要がある。しかし対策により封じ込めが可能な場合では，長期間水と空気に触れると酸性水が発生するような岩石に対して，土砂の受入地で締固めや被覆などを行って雨水を浸透させないよう，急激な酸化を防ぐ方法などを採用すれば，盛土材として使用することが可能となる。また，中和作用のある土砂と一緒に埋め立てることで，酸性水が発生してもすぐに中和させる方法も用いられている。さらに，遮水シートで包んで道路盛土内に封じ込める方法も採用されることになった。

もう一つの話題は数値解析に関する最近の動向である。今まで岩砕盛土に関する数値解析は，モデル化や膨大な計算量と物理量の決定の難しさから，力学特性を数値解析手法で定量的に評価することは困難であるとされてきた。また，これは一般盛土にも当てはまることであるが，不連続岩塊の集合体の巨視的挙動を表現しようとしても，工学的にどれだけの精度で現場のデータを再現できるかについては常に現場技術者だけでなく，研究者の間でも疑問視されてきた。

このような困難の局面の中でも，近年では地盤力学の論理的解析手法が確立されつつある。これらの岩盤力学への応用の一歩として，堆積軟岩の岩砕盛土のスレーキングによる地盤の沈下と地震時挙動を数値解析で評価する研究が行われるようになり[16), 17)]，注目を集めているとともに，実務へのフィードバックが期待されている。

6. おわりに

岩塊盛土はフィルダムの施工を中心に，古くから技術者が挑戦し，施工経験や施工機械の発達など実績の積み重ねにより，高品質な構造物の施工を可能とした。しかし，岩塊盛土の元となる岩石の種類は様々であり，それにより施工工法を十分に検討する必要がある。そのためには，先人の知恵や経験を参考に，新しい手法（工事機械や施工管理手法，解析手法も含む）を取り入れ，経済的かつ高品質なものを造ることを目標としなければならない。また，環境問題や今回は触れなかったが維持管理・メインテナンスなど様々な課題も残されている。

今後も岩塊盛土の施工や維持管理を工学的課題として認識し，技術者がさらに知恵を出す必要性を痛感した次第である。

JCMA

《参考文献》

1）㈳土木研究所：建設発生土利用マニュアル（第3版），2004.
2）国土交通省令59号，60号，平成13年3月29日.
3）小特集：岩塊を用いた盛土の諸問題，土と基礎，Vol.32，No.7，pp.3-60，1984.
4）木村敏雄・速水格・吉田鎮男：日本の地質，東京大学出版会，pp.180，1993.
5）石原公明・麻生公裕・苗村康造・谷口利久：牽引式マンモスバイブロタンパー工法の開発，平成元年度建設機械と施工法シンポジウム，1990.
6）日本道路公団：設計要領第一集，1983.
7）益村公人・三嶋信雄・三浦清一：厚層締固めによって生じる道路盛土内の密度勾配と圧縮沈下挙動に及ぼす影響，土木学会論文集，No.672，VI-50，pp.155-167，2001.
8）東日本高速道路㈱・中日本高速道路㈱・西日本高速道路㈱：設計要領，第一集，2009.
9）Thurner H. and Sandstrom A.：A New Device For Instant Compaction Control, Proceedings International Conference on Compaction, Vol.2, pp.611-614, 1980.
10）嶋津晃臣，見波潔，中田公基，嶋田功，足立賢一：振動ローラによる盛土の締固めに関する調査，土木研究所資料第2184号，pp.37-76，1985.
11）建山和由・藤山哲雄・西谷誠之：締固め施工における振動ローラの振動挙動に関する考察，土木学会論文集 No.544，III－37，pp.231-237，1996年.
12）北村佳則，西尾貴至，内山恵一：ローラ振動加速度応答を用いた盛土品質評価，2003，第25回日本道路会議.
13）北村・藤岡・内山他，ローラ加速度応答法を用いた道路路床の品質管理に関する研究（その2），第39回地盤工学研究発表会，pp.1345-1346，2004.
14）月本行則：米国における舗装の締固め管理技術の動向とICT技術の活用，建設の施工企画，2010.8，pp.34-38，2010.
15）藤山哲雄・古屋弘：振動ローラ加速度応答を利用した地盤剛性評価装置の開発，平成16年度近畿地方整備局管内技術発表会，(2004.7).
16）中野正樹，中井健太郎：初期構造が第三紀泥岩の粘土化に及ぼす影響，応用力学論文集 Vol.6，pp.419-426，2003.
17）中野正樹，中井健太郎：粘土化のしやすさの異なる第三紀泥岩粉砕砕石集合体の一次元圧縮挙動，応用力学論文集 Vol.7，pp.419-426，2004

[筆者紹介]
古屋　弘（ふるや　ひろし）
㈱大林組
技術研究所　生産技術研究部
主席技師

特集>>> 土工

水陸両用ブルドーザによる災害復旧工事事例報告

飯塚尚史・坂本繁一・猪原幸司

水陸両用ブルドーザは，浅水域を作業領域とする無線遠隔操縦式水陸両用機械である。

1969年（昭和44年）「富山大橋橋脚沈下応急復旧工事」で現場に初めて投入されて以来，漁港・漁場の整備工事，養浜・離岸堤・人工リーフ等の海岸工事，近年では治水としての河道掘削，改修工事，あるいは無線遠隔操縦技術を活用した災害復旧工事にも幅広く使用され，先の東日本大震災においても被災地各所で稼働している。

これまでの施工実績は全国各地の沿岸部，河川，湖沼，ダム等で1,200件を超えているが，その活躍はあまり知られていない。本稿では水陸両用ブルドーザ開発の歴史，特徴を記するとともに，災害復旧工事事例を報告する。

キーワード：水陸両用機械，無人化施工，仮設備の低減，安全性の向上，情報化施工

1. はじめに

水陸両用ブルドーザは，建設省（現国土交通省）指導のもと，1968年（昭和43年）に作業可能水深3mのD125-18Bが開発された（**写真―1**）。翌1969年（昭和44年）には「富山大橋橋脚沈下応急復旧工事」で初めて現場に投入された。この工事は後に「建設機械の遠隔操作」という点で「無人化施工」最初の工事と言われている。1971年（昭和46年）には作業可能水深を7mに改良されたD125W-2型が登場し同年，吸排気ダクトを統一し大型化した原型のD155W-1型（以下「本機種」という）が開発された。1976年（昭和51年）には，過去のデータをフィードバックした改良型が登場し現在に至っている（**写真―2**）。

水陸両用ブルドーザは，これまでにイタリア，ソビエト連邦，チェコスロバキア，パキスタン等の海外向けに14台，日本国内向けに22台の合計36台が販売された。

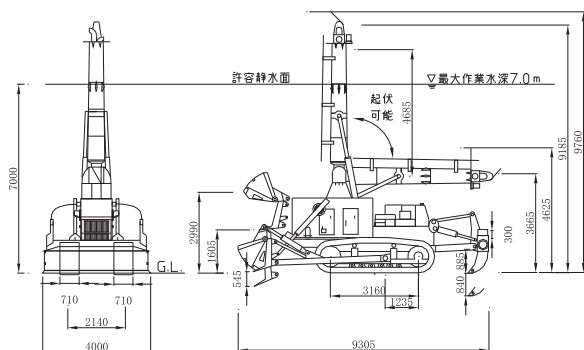
写真―1 D125-18B

写真―2 本機種

1971年（昭和46年）に水陸両用ブルドーザ（本機種）開発1号機が導入され，静岡県御前崎港浚渫工事，神奈川県相模川河川整備工事を皮切りに全国各地で実績を残し，平成8年までに計17台導入した。現在5台の水陸両用ブルドーザを保有し，全国各地で稼働している。

現在は，当社の保有する5台の水陸両用ブルドーザが国内に現存する全てである。

2. 水陸両用ブルドーザの概要

（1）水陸両用ブルドーザ外形図・仕様（図―1，表―1）

図―1　本機種外形図

表―1　本機種仕様

◇ 作業水深（静水時）	7 m
◇運転整備質量 （リッパ・エプロンブレード付） 陸　上 水　中	 43,500 kg 27,900 kg
◇性能 走行速度　前進１速 前進２速 後進１速 後進２速 最小旋回半径	 0 ～ 3.6 km/h 0 ～ 6.5 km/h 0 ～ 4.3 km/h 0 ～ 7.7 km/h 3.8 m
◇寸法 全長（リッパ付） 全幅 履帯中心距離 設置長 履帯幅 接地圧（水中） 最低地上高	 9,305 mm 4,000 mm 2,140 mm 3,160 mm 710 mm 61 kPa 430 mm
◇エンジン 名称（ディーゼル機関） シリンダ数－径×行程 総排気量 定格出力／回転速度	 コマツ S6D155-4 6 － 115 mm × 170 mm 19,260 cc 198.6 kW（270PS）/2000 rpm
◇ 運転操作方式	無線遠隔操縦および有線操縦
◇ 動力伝達装置 トルクコンバータ形式 変速機形式 変速段数	 3 要素 1 単相 遊星歯車多板クラッチ式 全身 2 段，後進 2 段
◇ 油圧装置 最大圧力 吐出量	 13.4 Mpa（140 kgf/cm^2） 355ﾘｯﾄﾙ/min（2000 rpm において）
◇ 無線操縦装置 制御有効距離 周波数	 半径 100 m 429.25 MHz ～ 429.7375 MHz のうち 1 波
◇ ドーザ装置 形式 幅／高さ 上昇量 下降量 エプロン最大開き量	 油圧式エプロン付ドーザ 4000 mm ／ 1250 mm 1605 mm 545 mm 1200 mm
◇ リッパ 形式 シャンク数／シャンクピッチ 最大掘削深さ 最大上昇量	 パラレログラム式油圧リッパ 3 本／ 1200 mm 840 mm 885mm
◇ 燃料タンク容量（軽油）	610ﾘｯﾄﾙ

（2）水陸両用ブルドーザ工法の特徴

水陸両用ブルドーザ工法の特徴を以下にしめす。

①作業船の航行・係留または陸上機械による作業が困難な水深 7 m までの浅水域（特に砕波帯・河川下流の感潮域）で威力を発揮。「水陸両用機械」

②無線遠隔操縦式なので人命の安全が確保できる。「無人化施工」

③仮設道路，仮設構台・桟橋，船着場等の仮設工がほとんど不要であり，仮設費が軽微ですみ経済的。「仮設備の低減」

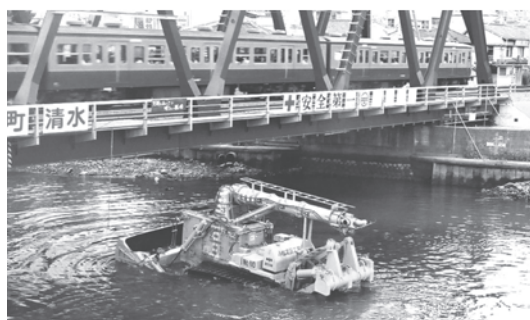
④係留索を使用しないため漁船など船舶の航行に支障をきたす事なく作業可能。また機動性に優れているため，現場状況の変化（時化・増水・放流・風雨等）にも即時退避可能。「安全性の向上」

⑤排土板に装着されたエプロン装置により，掘削土を拡散することなく水中掘削押土が可能。

⑥排土板は，大型（平積 3.36 m^3）なため，1 日当りの作業量が多い。また機械を複数台投入することにより工期も短縮可能。

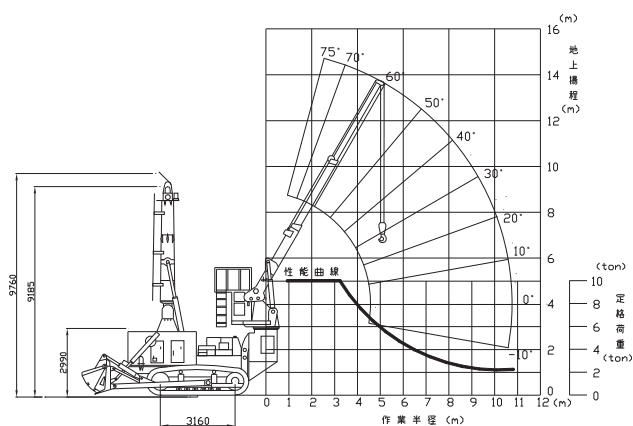
⑦海底・河床を走行し排土板で面的に仕上げるため，作業船での施工に比べ掘削精度が高く，余掘量・余砕量も少なく経済的である。また施工時，地盤を転圧するため締固め効果もある。

⑧車体後部の四節リンク式（パラレログラム式）油圧リッパにより，地山弾性波速度 2,100 m/sec 程度までの岩盤を水中で破砕可能。水中岩盤破砕掘削は他工法に比べ作業量が多く圧倒的に安価。

⑨吸排気ダクトを倒すことにより，空頭制限がある場所での作業が可能（**写真―3**）。

写真―3　橋梁桁下部の作業状況

⑩リッパ装置を取外し，クレーン装置を取付けることによりクレーン作業も可能（**図―2，表―2**）。

（3）無線遠隔操縦

水陸両用ブルドーザは，開発当初より無線（当初：微弱無線 142 MHz 帯，現在:特定小電力無線 429 MHz 帯）による遠隔操縦方式を採用している。これは，水中作

図—２ クレーン装着型外形図

表—２ クレーン仕様

主要諸元		
能　力	定格荷重 作業半径	最大 10,000 kgf 1.0 ～ 10.6 m
ウィンチ	フック速度 吊上揚程 ワイヤーロープ	5.0 ～ 6.8 m/min 13.4 m（地上より） ϕ12.6×Fi（29）B 種 IWRC, 90 m
起　伏	角度 速度	− 10° ～ 75° 85° /26 sec
伸　縮	長さ 速度	6.0 m 6.0 m/26 sec
旋　回	角度 速度	180° 強制ストッパー付 180° /10 sec
安全装置	・油圧安全弁　・角度計 ・過負荷防止装置 ・玉掛けワイヤー外れ止め	
油圧源	ブルドーザの油圧源を利用する。 必要量－流量　140 l/min, 圧力　15,700 kN/m^2（160 kgf/cm^2）	
重　量	7,950 kg（クレーン装置乾燥重量）	

業時の水中走路視認問題や潮流，波浪のある海洋工事でのオペレータの危険を回避するためである。

建設機械の遠隔操縦では，1993 年（平成 5 年）に日本初の試験フィールド制度で，火山活動が活発な雲仙普賢岳の災害復旧工事に採用された無人化施工が有名であるが，その 25 年前から水陸両用ブルドーザで遠隔操作が全国各地で行われていた。

（4）安全装置

水陸両用ブルドーザは，陸上で使用されているブルドーザを単純に水密化したものではなく，水中作業に適応するため各種安全装置が装備されている。

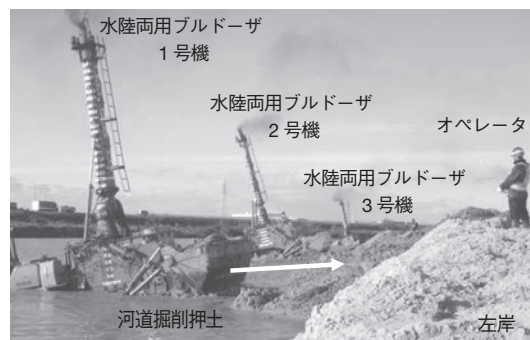
パワーラインケース内には，浸水防止とシール類保護のため，外部圧（水圧）に応じた内圧が自動的に与えられる差圧調整装置が装備されている。また，車両の異常やエンジン室内への浸水時は，ダクト上部の警告灯とホーンが同時に作動する。さらにエンジン室内には排水ポンプが装備され，浸水，警報と同時にポンプが自動的に始動し，ダクトから排水される。

万が一，無線遠隔装置が故障し，水中で走行不能となった場合は，車体中央部に装備されたダイバーコントロール装置を使用し，ダイバーによる有線操縦も可能となる。

3. 災害復旧工事事例

（1）庄内川河道掘削工事

2000 年（平成 12 年）9 月の台風 14 号および秋雨前線がもたらした東海豪雨による洪水は，名古屋市内を流れる庄内川流域に甚大な被害（水害区域面積 10,487 ha，被災家屋 34,049 棟）をもたらした。同年，河川激甚災害対策特別緊急事業が採択され，2008 年（平成 20 年）3 月には庄内川水系河川整備計画が策定された。

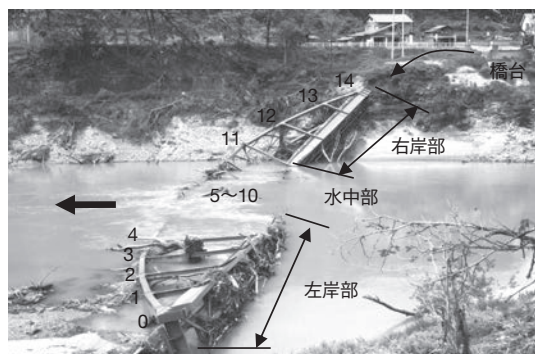
庄内川河川事務所は，都市河川であり堤防の引堤や嵩上げが困難なことから主に河道掘削により流下断面を確保する事を決定し，掘削工法として施工性，経済性等から水陸両用ブルドーザ工法が採択された（8k900 ～上流部）（**写真— 4**）。

写真— 4 庄内川河道掘削状況

発注者：中部地方整備局庄内川河川事務所
工事名：H22 ～ H25 庄内川河道掘削工事
数　量：約 37 万 m^3（現在継続中）

（2）只見川災害復旧落橋回収工事

2011 年（平成 23 年）7 月，新潟県中越地方，下越地方，福島県会津地方の 3 地域で発生した集中豪雨は，福島県会津地方を中心に流れる只見川流域に甚大な被害（死者 4 名，行方不明者 2 名）をもたらした。また只見川に架かる橋は，西部橋をはじめ 6 橋が落橋，5 橋が被災した。

国土交通省北陸地方整備局は，落橋した西部橋を撤去する工事を価格と品質で総合的に優れた調達を目指す「高度技術提案型（Ⅲ型）」で発注した。

当該工区は，流速が早く河床に障害物があることが想定されるため作業船での施工は困難であり，また地山が岩盤であることから仮設桟橋による施工も困難で不経済であると判断した。そこで水中部の橋梁撤去を水陸両用ブルドーザを駆使し撤去する施工方法で提案し受注に至った（**写真─ 5，6**）。

写真─ 5　落橋した西部橋

写真─ 6　落橋回収状況

発注者：北陸地方整備局
工事名：町道土倉・西部線西部橋災害復旧落橋回収工事
数　量：旧橋撤去工１式（下路式ランガー橋 L = 121 m，鋼材 210 t，床版，舗装版等）（当初数量）
工事用道路・作業ヤード工１式　他

左岸部（0 ～ 4 スパン）および右岸部（11 ～ 14 スパン）は，仮設ヤードを造成し水衝部を大型土のうで防護して陸上機械により撤去する。

中央部（4 ～ 11 スパン）の水陸両用機械による主な撤去手順は，以下のとおり（**図─ 3**）。

①気中部および多機能圧砕機では切断困難な角形鋼管（アーチ部材）は，クレーン装着型水陸両用ブルドーザを相番機とし潜水士が酸素アークにより水中切断する。
②バックホウ装着型水陸両用ブルドーザで埋没した橋梁周囲を掘削する。
③バックホウ装着型水陸両用ブルドーザに多機能圧砕機（水中仕様）アタッチメントを装備し，橋梁を切断・撤去する。
④水陸両用ブルドーザにより水中作業足場を造成しながら（a）～（c）を繰返す。
⑤バックホウ装着型水陸両用ブルドーザで床版等を撤去後，水陸両用ブルドーザで計画河床まで切り盛りする。

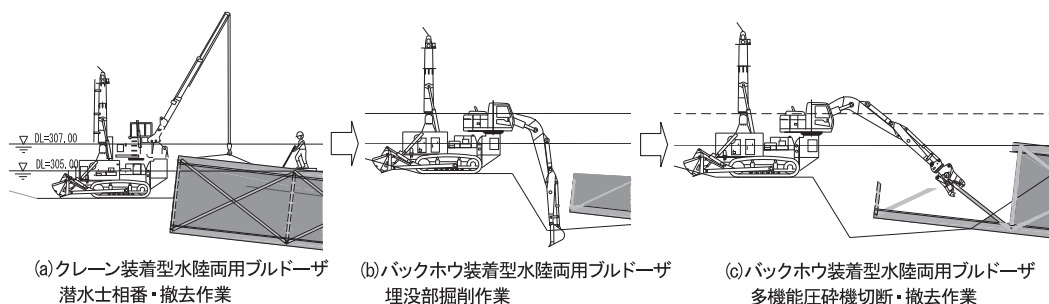
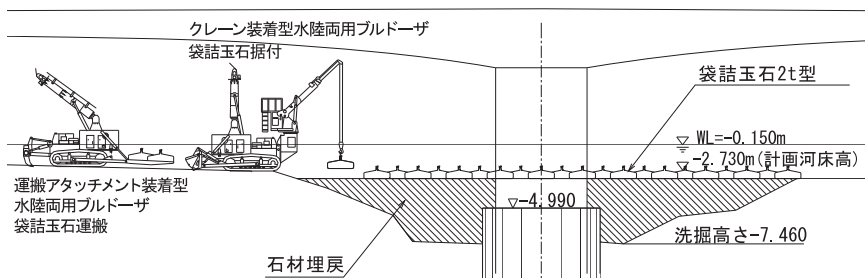
（3）東日本大震災災害復旧工事

2011 年（平成 23 年）3 月 11 日，東北地方太平洋沖地震により発生した大津波は，東北から関東にかけての東日本一帯の沿岸部に甚大な被害をもたらした。

（a）閖上大橋災害復旧工事

宮城県名取川河口部（0.9 k 付近）に架かる閖上大橋は，津波により流水部橋脚周囲が洗掘され，ケーソン基礎天端が露出している状態であった。

当初，作業船により洗掘箇所への石材投入，袋詰玉石被覆工を計画したが，経済性，工程，施工条件（流速，水深，空頭制限等）から施工困難と判断され，水陸両用ブルドーザによる施工を計画した（**図─ 4，写真─ 7**）。

発注者：宮城県仙台土木事務所
工事名：平成 23 年度閖上大橋（その 1）橋梁災害復旧工事
平成 24 年度閖上大橋橋梁災害復旧工事

図─ 3　撤去手順図

図—4 被覆工標準施工図

写真—7 袋詰玉石運搬据付状況

数 量：橋脚洗掘対策工 4,200 m^3 袋詰玉石製作・設置 927 袋 吸出防止材設置 3,210 m^2 他

（b）岩手県ウニ・アワビ増殖場応急復旧工事

1973 年（昭和 48 年）から岩手県北部沿岸の平磯に水陸両用ブルドーザを使用し，ウニ・アワビの大規模増殖場造成工事を行った。

今次地震により発生した津波は，当増殖場全域にわたり甚大な被害を与えた。今回，増殖場全域を水陸両用機械により応急復旧工事を行った（**写真—8，9**）。

発注者：岩手県県北広域振興局，岩手県洋野町

工事名：平成 23 年度宿戸地区他沿岸漁場開発施設（増殖溝）応急復旧工事
平成 23 年度有家漁港災害復旧応急工事
平成 23 年度小子内漁港災害復旧応急工事
平成 23 年度宿戸漁港災害復旧応急工事

写真—9 コンクリート破砕状況（水陸両用バックホウ）

数 量：飛散増殖ブロック再設置 2,785 個 堆砂除去（障害物）2,325 m^3 泊地・航路浚渫 13,790 m^3
飛散構造物取壊し撤去 369 m^3 散乱消波ブロック撤去 194 個 他

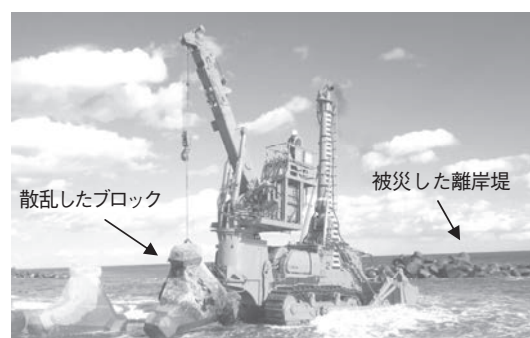
（c）福島県海岸離岸堤災害復旧工事

1975 年（昭和 50 年）から高潮対策，海岸浸食対策として，福島県沿岸部（大浜，北海老，渋佐，塚原，村上，角部内，井田川，浦尻，蛯沢，浅見川）にクレーン装着型水陸両用ブルドーザを使用し離岸堤設置工事を行った。

今次津波は，沿岸部の離岸堤ブロックを散乱，沈下させ背後地に甚大な被害を与えた。今回，クレーン装着型水陸両用機械により散乱したブロックを回収し，離岸堤の嵩上げ工事を行った（**写真—10**）。

発注者：福島県相双農林事務所

工事名：海岸災害復旧事業（23 年災）工事（浅見

写真—8 浚渫状況

写真—10 消波ブロック回収・据付状況

川地区）
海岸災害復旧事業（23 年災）工事（北海老地区）

数　量：飛散ブロック（8 t 型）回収　131 個，消波ブロック（6 t 型）運搬据付　1,113 個　他

（d）磯浜漁港災害復旧工事

宮城県亘理郡山元町の磯浜漁港では，水陸両用ブルドーザ，水陸両用バックホウ，水陸両用クローラダンプを使用し，泊地内に散乱した消波ブロック，コンクリート殻等を撤去した。

発注者：宮城県山元町

工事名：東日本大震災に係る災害廃棄物処理作業

（e）東名運河応急塵芥処理工事

宮城県東松島市の東名運河では，水陸両用バックホウ（0.8 m^3 級アームクレーン仕様，作業水深 1.5 m）等を震災直後の 4 月に現場投入し，運河内全域に散乱堆積したガレキ・支障木等を撤去した（**写真― 11**）。

写真― 11　水陸両用バックホウ 0.8 m^3 級

発注者：宮城県東部土木事務所（仙台土木事務所支援）

工事名：平成 23 年度東名運河応急塵芥処理工事（その 2）

概　要：運河内のガレキ・支障木等を撤去し仮置場まで運搬後，金属・木・車等に分別を行う。（鳴瀬川～野蒜郵便局間）

4. 水陸両用ブルドーザの情報化施工について

水陸両用ブルドーザは，オペレータが目視により無線遠隔操縦する。

このため荒天時や施工箇所が遠距離になると正確な高さや位置が判断できず，また設計断面に勾配がある場合や水位が変化する場合は，その都度水位を確認しなければいけないなど難点をかかえていた。

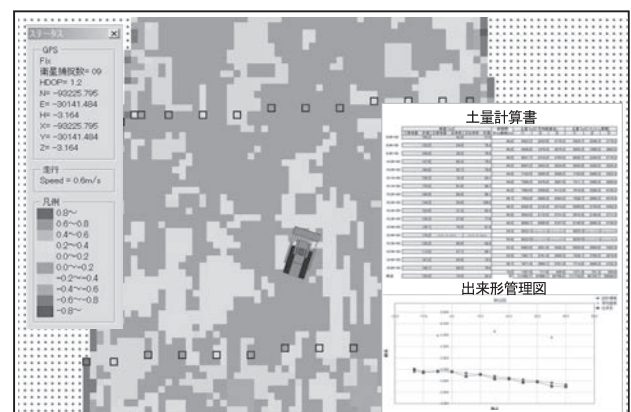
これらの問題点を解決するため，吸排気ダクト上部に位置計測装置を設置し，水陸両用ブルドーザの 3 次元位置をリアルタイムに送受信することで水位の変化や天候に左右されず，無人で自動的に施工管理可能なシステム開発に着手した。

しかしこの開発において問題となったのが水陸両用ブルドーザの施工中の振動であり，特に吸排気ダクト上部はその振動が増幅され，設置する計測機器への衝撃吸収構造が重要な課題であった。実際，試作段階の実験では振動吸収を考慮した構造であったにもかかわらず計測機器が破損するなど，その衝撃は凄まじいものであり，開発における重要課題であった。

そこで，これまでの経験を活かし新たに開発した衝撃吸収装置（実用新案申請中）に計測機器を設置した。平成 24 年度には実証試験を実施しデータ取得から位置情報取得，管理図作成までの一元管理に成功した（**写真― 12**）。

写真― 12　実証試験状況（衝撃吸収装置）

このシステムは RTK-GPS（Real Time Kinematic-GPS）を用いて水陸両用ブルドーザの位置情報を計測し，施工基盤の高さや設計高さとの差分を算出することで無線遠隔操縦（水中無人化施工）を支援し高効率・高精度な施工を実現するものである。

これは陸上施工における情報化施工技術を応用したものであるが，水中作業という施工環境ではより高い効果が期待できる。またオペレータ支援機能に加え

図― 5　GPS 施工管理状況

て，出来形自動計測による出来形管理・出来高集計システムを併せもっている（**図― 5**）。

5. おわりに

日本国は，周囲を海に囲まれ，世界第6位の海岸線延長約35,000 km を有している。また国土の約70%が山岳地帯で，一級水系で109水系，二級水系で2,723水系を有する特異な国土と言える。

40数年もの長い間，水陸両用ブルドーザは，この国土のほんの一部分の浅水域というニッチな施工領域で，全国1,200件を超える施工実績を積んできた。これは施工領域，特定作業に対し，他の施工機械に比べコストパフォーマンスが優れていたからに他ならない。

しかしながら世界に5台しかないこの水陸両用ブルドーザも，長年にわたる活躍のため老朽化しており，入念な整備点検，修理，あるいはオーバーホールを行い使用しているのが現状である。

昨年，保有する5台の内1台を開発製作したコマツに完全オーバーホールを依頼した。実に9か月をかけて復活した車体は，ほぼ新車となり，現在に至るまで休みなく震災現場で稼働している。

水陸両用ブルドーザは，近年，全国各地域で発生している集中豪雨災害や，地震，火山活動等に伴う土砂災害，また今後想定される大規模な自然災害で，必ず必要とされる特殊な機械と考える。

私が在籍中に，諸先輩から受け継がれた40年の歴史や技術をもとに，次世代の水陸両用ブルドーザを開発し，今後30年，40年と全国各地で活躍できるよう努めていきたい。

最後に，東日本大震災で犠牲となられた方，被災された方々には，心からのお悔やみとお見舞いを申し上げます。

J C M A

《参 考 文 献》

1）電力土木　平成24年11月号
飯塚尚史，坂本繁一，猪原幸司：水陸両用ブルドーザによる災害復旧工事事例報告，No.362，80-84，2012
2）建設機械　平成24年2月号
飯塚尚史：浅水域で実力を発揮する水陸両用ブルドーザ，No.564，35-40，2012
3）北陸の建設技術　平成23年7月号
馬欠場真樹，渡辺清，飯塚尚史：水陸両用ブルドーザの変遷と活躍，No.241，17-22，2011
4）建設機械　平成21年8月号
猪原幸司，馬欠場真樹，飯塚尚史：水陸両用ブルドーザの変遷と活躍，No.534，55-59，2009
5）建設の施工企画　平成20年8月号
三村充，猪原幸司：無線操縦式水陸両用ブルドーザの活用状況，No.702，71-76，2008
6）建設の施工企画　平成18年11月号
古谷弘：Webとデータベースを用いた新しい施工管理方法の紹介，No.680，38-42，2006
7）建設機械　平成17年3月号
奥澤文吾，内藤義樹：RTK-GPSを用いたブルドーザシステムによる整地作業について，No.481，31-36，2005
8）建設機械　平成15年3月号
藤野健一：無人化の現状と展望，No.457，1-6，2003
9）建設機械　平成14年1月号
村松敏光：情報化施工の今後の動向①，No.443，8-19，2002
10）建設の機械化　平成13年11月号
猪原幸司，馬欠場真樹，青木肇：水陸両用機械による仮設備の低減，No.621，44-49，2001
11）建設機械　平成12年6月号
内海光博：建設機械の遠隔運転，No.424，14-19，2000

[筆者紹介]

飯塚　尚史（いいづか　なおし）
青木あすなろ建設㈱
土木技術本部　土木リニューアル事業部

坂本　繁一（さかもと　しげかず）
青木あすなろ建設㈱
土木技術本部　土木技術研究所
担当課長

猪原　幸司（いはら　こうじ）
青木あすなろ建設㈱
土木技術本部　総合評価部
担当部長

特集>>>　土工

スクレープドーザの総括

その開発史と近年の動向

中　村　森　雄

スクレープドーザ（以下「本機種」という）の開発の歴史を振り返るとその原点は第２次大戦前ドイツであるが本機種と言う姿になって量産化が始まったのは戦後になってからである。その後ライセンスによる国産化も行われ夫々の国の風土に合うよう独自に開発改良を重ね生産を続けたがバブル以降生産は行われていない。

しかしヨーロッパにおいて根強い人気に支えられ従来機の耐久性向上対策と本機種大型機製作の気運が高まり開発を行った。

キーワード：土工機械，スクレープドーザ，ボウル，エプロン，エジェクタ，パワーシフトトランスミッション，デファレンシャルステアリング，クローラトラクタ

1. はじめに

従来型本機種が，惜しまれつつも日本，ドイツにおいて生産を終了してから10年以上になった。そのような状況下でヨーロッパにおける根強い人気に後押しされ，2000年ごろから新型機の開発を始めた。

本稿ではドイツ，日本における開発史と近年の動向として，従来機の延命対策とこの新型機の開発と稼働状況，今後の課題と展望を述べる。

2. 本機種の開発史—ドイツ

本機種の一つの特徴である構造即ち左右のクローラトラクタ間にスクレーパボウルを有する土工機械は，第２次大戦前からアウトバーン緊急建設の為ドイツで開発が進められていたが，未完のまま終戦を迎えた[a)]。

現在のような本機種と呼べる構造，即ち本体を足回りとボウル，運転室，駆動装置等を含む上部構造から構成し，この上部構造体をシリンダーの上下作動により掘削の深さをコントロールし，さらにボウルから土を押し出すエジェクタ装置，土の落下を防止するエプロン装置，前面にドーザブレードを有し，ボウル容量も6.5 m^3 と言う姿になり量産化が始まったのは戦後になってからである。主な仕様は**表—１**のSR65参照。

写真—１はボウル容量6.5 m^3 で，エジェクタによる土の押し出し作業を行っている。アタッチメントとしてリッパ，サイドブレードを装着していて，これらは後進時に作用する。

写真—１　SR65型　国産化はこれをベースとした。

その後改良を重ね，市販のパワーシフトトランスミッションを搭載しボウル容量も8.5 m^3 に増大した本機種が生産された。**表—１**のSR85の項，**写真—２**参照。この機種もドイツでの生産終了後，一時スイスでも生産されたが2000年以降生産されていない。

3. 本機種の開発史—日本

1962年に6.5 m^3 の本機種をベースに技術提携し国産エンジン搭載，ボウル容量は6.4 m^3 として生産を開始した。その後日本の風土に合うよう多くの改良を行い，最終型は独自開発のパワーシフトトランスミッションやROPSを搭載，ボウル容量9.5 m^3 である。主な仕様は**表—１**のSR280Pの項参照。しかし2000

表―1 本機種の機種と主な仕様一覧

機 種		SR40	SR140	SR65	SR85	SR280P[a]	SRT12	SRT18
ボウル容量（max）	m^3	4.0	4.0	6.5	8.5	9.5	12.0	18.0
エンジン出力	kW	96	96	146	160	204	280	350
速度（max）	F km/h	11.1	8.0	11.0	7.5	13.3	15.8	15.9
	R km/h	12.5	9.0	12.0	14.0	14.3	19.8	20.5
車両質量	t	17.2	18.2	18.5	19.8	26.0	33.0	42.0
全幅（排土板無）	mm	3280	4180	3080	3480	3300	3480	3490
切削幅	mm	1700	1700	1900	1900	1890	1960	1960
履帯幅	mm	750	1200	500	700	670	710	710
平均接地圧	（空）[b] kPa	37	25.0	56.0	43.0	58.7	63.6	71.2
	（積） kPa	57.6	38.4	84.6	70.0	83.4	97.2	115.5
主要生産地		日本	日本	ドイツ	ドイツ	日本	中国[c]	スイス[c]

a）輸出用は SR2000 と呼称している
b）積載質量は 1.45 ×ボウル max 容量として算出
c）2013 年現在

写真―2 SR85 型 ボウル容量 8.5 m^3

写真―4 SR140 型 1200 mm シュー装着

写真―3 SR280P 型 ボウル容量 9.5 m^3

写真―5 SR140 型 北海道での客土工事

年ごろ以降生産はされていない。**写真―3** はベントナイト掘削中の SR280P。

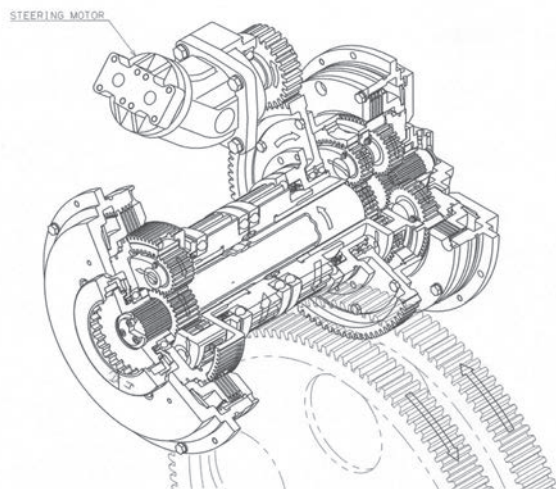
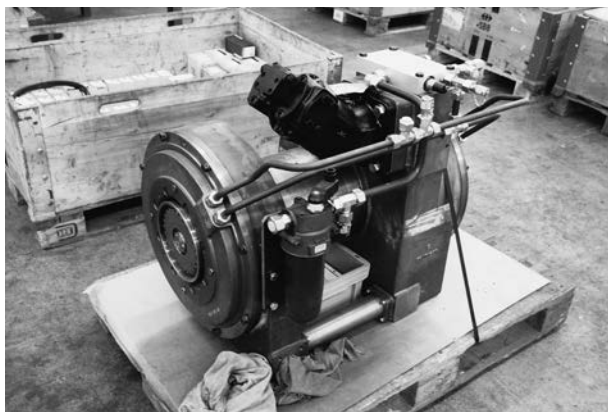
一方，圃場整備や八郎潟干拓工事で湿地性能を重視した土工機械の需要があり，より小型のボウル容量 4 m^3 の本機種を開発，1965 年に生産を始めた。巾 750 mm と 1200 mm の三角シューを装着できる 2 機種を用意し，国内ばかりでなくヨーロッパにも輸出した。主な仕様は**表―1** の SR40，SR140 の項参照。**写真―4** は 1200 mm 三角シュー装着の湿地での現場。**写真―5** は北海道冬季での客土工事。ヨーロッパの工事現場での作業情況は b）を参照。この機種はバブル以前から生産はされていない。

4. 近年の動向─従来機の延命対策 デファレンシャルステアリング装置の開発

生産終了後も本機種の人気は高くメンテナンスを繰り返し老骨に鞭打って稼動している状況下で，ここではステアリング装置に着目した。従来機のステアリング装置は，乾式のクラッチブレーキで面倒な日常点検を必要としメンテナンスに費用と時間がかかっていた。又足回りや本体に与えるショックロードも大きく，何よりもオペレータに不快感を与えていた。

これを緩和すべくさらに大型化構想実現のためにも，このデファレンシャルステアリング装置の技術修得は欠かせない技術であった。

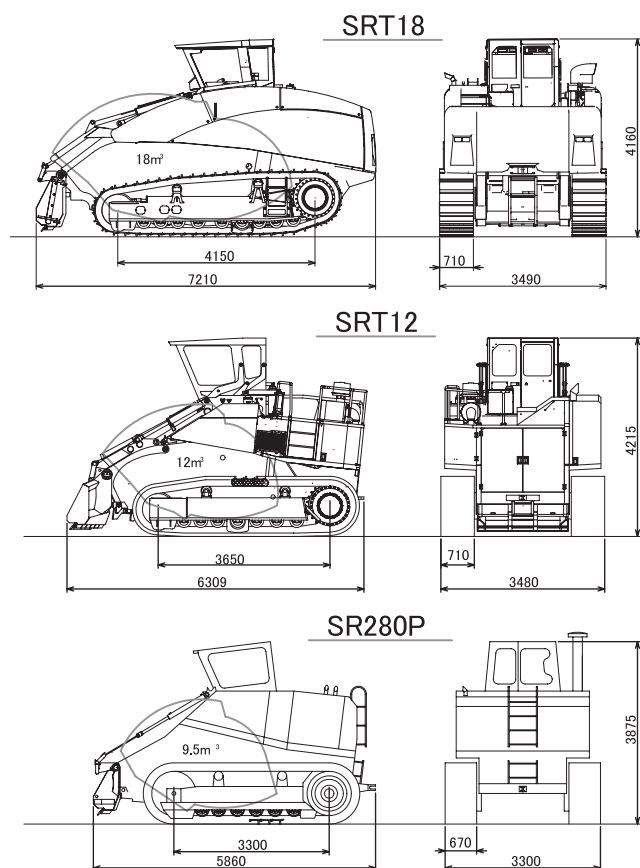
開発に先立ち，稼動している台数の多い280P 型に乗せ換え出来ること，将来大型化構想のために基本技術は流用できることを主眼においた。

図─1にその構造を示す。ステアリングは油圧モータにより差動ステアリングを行い，スムーズな操行が出来るようになった。ヨーロッパではすでに10,000時間以上稼動しており，日本国内では2012年10月に1台搭載し稼動している。**写真─6**は実装置であるc)。

図─1 デファレンシャル ステアリング装置

写真─6 デファレンシャル ステアリング装置

5. 近年の動向─大型本機種の開発

ヨーロッパに於いて特に従来機保有のユーザから代替機として大型本機種の生産を切望する声に後押しされ開発に着手した。輸送限界内で分解組立不要，可能な限り軽く等を考慮，先行試作機テスト後18 m^3 とした。主な仕様は**表─1**，**図─2**参照。

従来機9.5 m^3 の約2倍のボウル容量であるが掘削は問題ない（**写真─7**）。ヨーロッパではレンガ原料

図─2 外形図とボウル容量の比較

写真─7 SRT18型 ボウル容量18 m^3

写真─8　シュー巾を増大。外側に 180 mm オーバハング

写真─9　輸送時には，運転室を収納し，輸送限界内にする。

写真─10　SRT18 型　ボウル容量 18 m^3

土の露天掘りや宅地造成に使用されているが，作業量もおよそ目論みどおりであるが，データ整理中である（**写真─ 10**）。しかし当然ではあるが排土エリアではどうしても軟弱になり本体の沈下がある。実機ではシューを 180 mm ほどオーバーハングさせて使用しているものもある（**写真─ 8**）。しかし輸送時には履帯を履き替えねばならない。なお，本体輸送時には運転室をリンク機構と電動油圧シリンダの作動により容易にボウル内に収納，高さ制限をクリアしている（**写真─ 9**）。

一方，成長著しい中国に着眼，現地調査を行い従来機より 20％程度ボウル容量を大きい 12 m^3 の機種を開発した。主な仕様は**表─ 1, 写真─ 11 ～ 13** を参照。1 台をヨーロッパに輸送し本格的な試験稼動に入っている。

写真─11　SRT12 型　ボウル容量 12 m^3

写真─12　SRT12 型　ボウル容量 12 m^3

写真─13　SRT12 型　ボウル容量 12 m^3　工場内で組立中

6. 課題と展望

1930 年頃に本機種スクレープドーザらしきものが産声をあげ，戦後ドイツ Menk 社によって技術開発

が進み量産された。1962年に日本車両製造㈱が国産化に成功し日独共夫々の風土に合うよう技術開発を独自に進め生産を続けたが，生産を打ち切ってから10年以上になる。現場の施工も軟弱走行路に鉄板を敷設，クローラダンプやゴムクローラ牽引車によるスクレーパの大型化など，本機種を取り巻く環境は厳しい。しかし現場によっては非常に便利な土工機械であることは事実で，メンテナンスを繰り返し老骨に鞭打って使用しているのはヨーロッパも日本も同じである。そのような状況下，日本製スクレープドーザをヨーロッパに販売，レンタル・メンテナンスを営んでいたFrutiger Company AGが根強い需要に後押しされ大型機の開発を決断した。筆者は国産1号機誕生の1962年に入社し，その後の技術開発に従事したことでこのプロジェクトに参画した。しかし大型化は重量増大に繋がり，本機種の特長である湿地性能が減少することになる。いかに経済ベースにのって軽量化するか3Dによる応力解析をさらに進め，また最新の技術3Dプリンタなどを駆使し安全に進める必要がある。

また，QCの必要も痛感した。現場での機械のストップは工事の進行に多大な影響及ぼすことは周知のとおりで，いかにして安全で信頼できる本機種にするか，今一歩大胆に踏み込む必要がある。

7. おわりに

本稿の主旨上，今回はスクレープドーザの総括的な内容を述べた。前述したが，大型機開発に際し，分解組立なしで輸送限界内に収め，かつ如何に小型軽量にするかに重点を置いたが，その為従来機とは異なる特異な構造にした部分もある。又想定外の問題も発生した。これらの経験はより大型機（40～60 m^3）や小型機（3～8 m^3）の開発に生かせるものと考える。さらに施工面からは大型化による欠点を補う方法も考えられる。これらを含め，別の機会に報告したい。

JCMA

《参考文献》

a）BMT 11 November 1984　p459-466
Neu in Europa: die SR 2000 order: der Traum von einer grosen Schürfraupe
b）Baumashine und Bautechnik 16 Jahrgang Heft 8 August 1969
Flachbaggeresatz im Schlamm
c）特許　日本　特許第4232356，スイス　CH 694 583 A5

［筆者紹介］

中村　森雄（なかむら　もりお）
日本車両製造㈱
名誉社員

特集>>> 土工

ブルドーザ作業機自動制御の適用範囲拡大

D61EXi/PXi-23

下 條 隆 宏・嶋 田 健二郎

GNSS 測量技術を搭載したマシンコントロール（以下 MC）ブルドーザに対し，作業機の負荷を自動調整する機能を付加し，掘削・運土作業から整地作業まで，MC 作業の適用範囲を拡大したブルドーザを開発した。

キーワード：ブルドーザ，GNSS 測量技術，IMU，ストロークセンシングシリンダ，作業機自動制御

1. はじめに

GNSS 測量技術を利用したブルドーザの作業機自動制御システムは，丁張を廃止しかつ経験年数の少ないオペレータにも熟練者並みの仕上げ施工を可能とすることで施工全体の効率を大幅に改善した。しかしながら作業機へ過大な負荷が掛かった場合にはオペレータが手動操作により作業機負荷を調整する必要があるため，作業機の自動制御は整地などの軽負荷作業にのみ適用可能であった。本稿では，従来から培ってきた油圧ポンプ・モータ等の車体コンポーネント制御技術とGNSS 測量技術を融合させることで，軽負荷作業から重掘削作業まで，施工の全工程に作業機自動制御を適用した 18t クラスの「D61EXi/PXi-23」（以下「本機種」という）について，その特徴を紹介する。

写真—1 本機種 外観図

2. 本機種の特徴

(1) GNSS 測量機器

従来の MC 機能を搭載したブルドーザでは，GNSS アンテナおよび慣性センサユニット（以下 IMU ＋）のセンサ類を作業機に搭載し，直接的に作業機の刃先位置を計測していた。それに対し本機では，GNSS アンテナをキャビンの天板上に，また IMU ＋を車体フレーム内に搭載したため，従来機（**図—1** イメージ）に対して次の優位性が挙げられる。

①作業機上の GNSS アンテナマストやケーブル類の廃止により視界性が向上した。

②車体外部に露出したケーブルの廃止により作業中のひっかけ等による断線の懸案がなく，信頼性が向上した。

③毎日の作業終了後に GNSS アンテナの取り外し作業が不要となり，安全性が向上した。

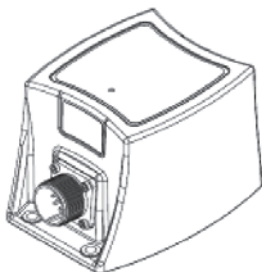
④履帯下の位置計測が可能となり，走行するだけでリアルタイムに現況地形の把握ができるようになった。

なお，使用する GNSS 測量機器は，市場で実績のある機器を，工場出荷時に搭載する。

図—1 従来 MC ブルドーザイメージ

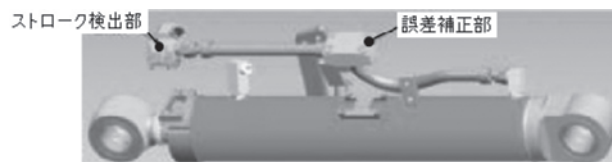
写真— 2　GNSS アンテナ

写真— 3　GNSS レシーバ

写真— 4　コントロールボックス

図— 2　慣性センサユニット（IMU ＋）

⑵ ストロークセンシングシリンダ

GNSS アンテナが作業機から車両キャビン天板上へ移設したことによって，GNSS アンテナから作業機刃先の相対座標を計測する必要がある。本機では，作業機の油圧シリンダ（リフトシリンダ，チルトシリンダおよびアングルシリンダ）にストロークセンシングシリンダを搭載したことで，車体座標系における GNSS アンテナと作業機刃先の相対座標をリアルタイムに計測可能とした。これに，GNSS アンテナによる車両の位置情報と IMU ＋により計算された機体姿勢を加算することで，現場座標系における作業機刃先座標を算出する。

また本シリンダは，従来の油圧シリンダに対してローラの回転によってストローク量を検出する機構と，ローラの滑り等によって発生しうる誤差を補正するための補正機構を追加した構成となっている（**図— 3**）。

図— 3　ストロークセンシングシリンダ

⑶ 電子制御作業機バルブ

自動制御にて油圧シリンダを作動させるためには，コントローラからの電気指令で作動する作業機バルブが必要となる。本機では既に大型ブルドーザにて実績のある EPC（Electric Pressure Control）バルブを搭載した電子制御式作業機バルブを採用した。

3. 作業機の自動制御

本機の最大の特徴は，従来の MC ブルドーザの作業適用範囲が軽負荷での主に仕上げ整地のみであったのに対し，仕上げ面まである程度の掘削深さがある場合でも，作業機の負荷を最適に制御することで掘削・運土作業も自動化したことである。また作業が進行して仕上げ面に近づくに従い，自動的に掘削制御から整地制御に切り替えることで，仕上げ面へのダメージを気にせずにシームレスな自動施工を可能とした。

本機に織り込んだ作業機自動制御の特徴を以下に紹介する。

⑴ 整地制御

作業機刃先座標が，施工現場の設計面データによって決まる目標座標に一致するように油圧シリンダを制御する機能で，従来の MC ブルドーザと同一の機能である。

⑵ 掘削制御

作業機にかかる負荷が，コントローラにあらかじめ設定された目標の負荷に一致するように油圧シリンダを作動させて，作業機刃先の高さを制御する。

また，本機のパワートレインには静流体駆動式トランスミッション（以下 HST）を採用しているため，左右のスプロケットに搭載された油圧モータ回路圧と回転数から車体の牽引力が算出可能である。作業機の負荷はこの牽引力を基に補正項を加味して算出している。

①ブレードの負荷が増大
②シュースリップが発生しないように自動的にブレードを上げて負荷を調整する。
③常に作業機の負荷が一定となるように作業機高さを調整する。

(3) 整地制御と掘削制御の自動切替

現在の作業機刃先高さと最終仕上げの設計面との高さ方向の距離に応じて，掘削制御と整地制御のどちらが最適であるかをコントローラが自動判別し制御モードを切替える。

設計面から離れた距離にある時は掘削制御により作業機負荷を調整し，設計面に近づくと整地制御で仕上げをする。

(4) 掘削開始制御

作業機に負荷がかかっていない状態からの掘削開始では，作業機刃先が徐々に地面に切り込むように制御する。本制御により，土質や現場の地形に依存しない安定した掘削開始が可能となり，施工面も滑らかに仕上がるため，オペレータの疲労軽減にも大きく寄与した。

(5) シュースリップコントロール

機械の本体に搭載したGNSSアンテナからリアルタイムに計測される位置情報により，機械の移動体速度が得られる。一方，スプロケット回転数から理論車速が得られる。この両者の比率から履帯のスリップを検出している。作業中に一定量のスリップを検出すると，自動的に作業機を上げることで作業機負荷を下げ，スリップを回避する。

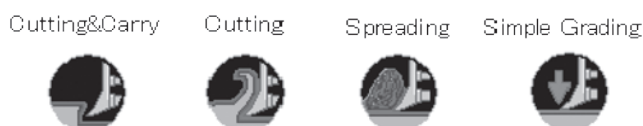
(6) 掘削制御モードの選択機能

作業機の自動制御は，作業の内容に応じてオペレータが4つのモードから選択可能とした。

モードの切り替えは，コントロールボックス画面上のアイコンをさわることでサイクリックに切り替わる（図―4，5）。

アイコンは各モードをイメージしたイラストに切り替わるため，オペレータは現在選択されているモードを容易に視認可能となっている（図―4）。

図―4 コントロールボックスのメイン画面

Cutting&Carry Cutting Spreading Simple Grading

図―5 掘削制御モード選択アイコン

① Cutting & Carry モード

掘削深さが浅く，長い距離を掘削・運土する作業に適する。

② Cutting モード

掘削深さがある程度深く，短い距離を掘削する作業に適する。

③ Spreading モード

ダンプトラックが排土したような置き土を，撒き出し・敷き均しする作業に適する。

④ Simple Grading モード

掘削制御を有しない，仕上げ整地のみの作業に適する。

(7) 作業機負荷モードの選択機能

掘削制御の作業機負荷の目標値は，土質や作業の内容に応じて3つのモードから選択可能とした。モード切り替えは，モニタ上のアイコンをさわることでサイクリックに切り替わる。アイコンは作業機にかかる負荷の大きさをイメージしたイラストに切り替わるため（図―6），オペレータは現在選択されているモードを容易に視認可能である。

図―6 作業機負荷モード選択アイコン

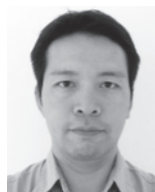
① Light モード　軽負荷作業に適する
② Normal モード　一般作業に適する
③ Heavy モード　重掘削作業に適する

4. おわりに

MC ブルドーザ「本機種」コマツ D61EXi/PXi-23 について，オペレータの作業環境や機器の信頼性を大きく向上した新規構造や，新たな付加価値を生み出す掘削・運土制御機能の特徴を中心に紹介してきた。作業機の自動化技術は，オペレータの疲労軽減のみならず，施工管理システムや最適な作業手順のガイダンス機能などと組み合わせることで更に施工効率の向上につながり，そう遠くない将来において施工現場を自律化・無人化するための大きな前進になったと自負する。ICT 技術を活用する分野は常に継続的な進化を求められており，ユーザーニーズをタイムリーに捉え商品化していくことで，お客様にとってなくてはならないビジネスパートナーとなれるよう，コマツグループ一丸となって努力していく所存である。

J C M A

［筆者紹介］

下條　隆宏（しもじょう　たかひろ）
㈱小松製作所
開発本部 建機第一開発センタ
情報化建機開発グループ
チーム長

嶋田　健二郎（しまだ　けんじろう）
㈱小松製作所
開発本部 建機第一開発センタ
情報化建機開発グループ
主任技師

特集>>> 土工

油圧ハイブリッドシステムを搭載した油圧ショベルの開発

Cat® 336E H/336E L H

白 澤 博 志

油圧ショベルにおいて，旋回ブレーキ時に運動エネルギーを油圧エネルギーに変換回収し，蓄圧器に蓄え，旋回加速の際にその蓄圧したエネルギーを再利用する油圧ハイブリッドシステム，また，従来から圧力損失を低減する事が可能な電子制御式コントロールバルブを開発した。この油圧ハイブリッドシステム及び電子制御式コントロールバルブを搭載した油圧ショベル「Cat 336E H/336E L H」（以下「本機種」という）は，燃料消費量及びCO_2排出量の低減を実現している。その技術について本文で紹介する。
キーワード：ハイブリッド，コントロールバルブ，環境対応，燃料消費量低減，低炭素

1. はじめに

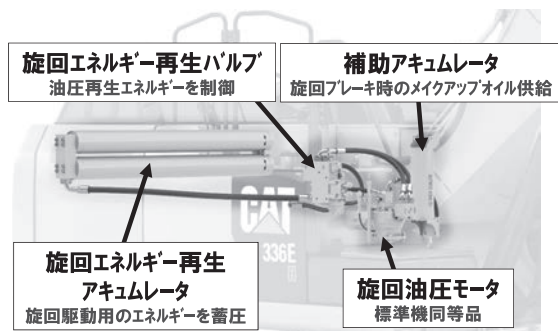
現在，社会には様々な環境問題が存在し，建設施工分野においても，それらへの対応が求められている。大気の汚染に関しては，2005年5月に特定特殊自動車の排出ガスの排出を抑制し，国民の健康を保護するとともに生活環境を保全する事を目的として，「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律」（通称：オフロード法）が環境省・国土交通省・経済産業省所掌にて制定され，エンジン出力19～560 kWの特定特殊自動車が排出する一酸化炭素，炭化窒素，窒素酸化物，粒子状物質，ディーゼル黒煙の有害物質排出量を規制の対象とした規制がなされた。そして，更に厳しい基準値を2011年より段階的に導入する事となり，2010年3月に施行規則等が改正され，2011年10月より規制強化が適用された。

また，近年の世界規模の環境問題として，地球の温暖化が挙げられている。温暖化の要因の一つとされているCO_2ガスについては，その排出量抑制が大きな課題となっている。国内においてもCO_2排出量の抑制に対し目標を掲げており，建設施工分野においては，燃料の軽油を燃焼させる際にCO_2を排出するディーゼルエンジンを搭載した建設機械は，その排出量抑制の為に，燃料消費量の低減が必要不可欠である。一方で，建設機械のユーザにとっては，燃料コストを低減する事は利益に直結する切実な問題であり，建設機械に対し，燃費性能に高い関心を払いつつも，仕事をする為のツールとして，高い生産性，作業能力をも期待している。

2011年6月に発売した中型油圧ショベルCat 336E/336E L（以下「標準機」という）（バケット容量1.4 m^3/1.5 m^3クラス）は，新しい排出ガス基準（以下オフロード法2011年基準）に適合した車両であり，従来機と比較して，同等の時間当り作業量を維持しながら燃料消費量の低減，安全性の向上等の商品力アップを図った車両である。そして，この度，この標準機をベースに，「油圧ハイブリッドシステム」，「電子制御式コントロールバルブ」を新たに搭載し，更なる燃料消費量の低減を図ったハイブリッド油圧ショベル本機種を開発，市場導入した（**写真―1**）。本稿では，この本機種の特長について紹介する。

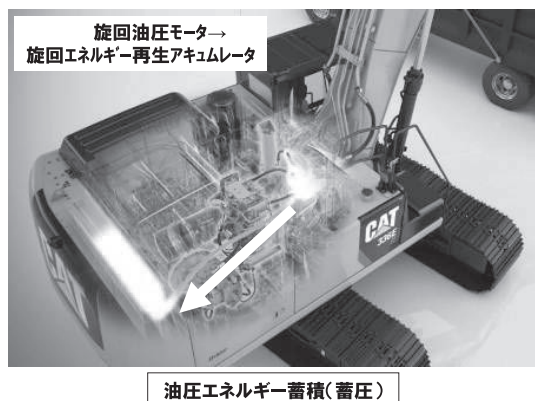
写真―1 本機種 ハイブリッド油圧ショベル

2. 油圧ハイブリッドシステム

「ハイブリッド」という言葉は既に社会に浸透しつつあるが，その意味する内容は使用者によって様々である。当社における「ハイブリッド」機械の定義付けは，「エネルギーを適宜集め，蓄え，再利用できる機械の事」としている。本機種は，この定義に合致した

図—1　油圧ハイブリッドシステムの構成

油圧ハイブリッドシステム（**図—1**）を搭載して，燃料消費量の大幅な低減に貢献している。油圧ハイブリッドシステムについて以下に説明する。

（1）油圧ハイブリッドシステムのメカニズム

油圧ショベルは油圧モータで旋回駆動を行っており，上部旋回体に大きな運動エネルギーを与えている。本機種の油圧ハイブリッドシステムでは，旋回ブレーキ時に，この運動エネルギーを油圧エネルギーに変換し，回生エネルギーとして「旋回エネルギー再生アキュムレータ」（蓄圧器）に蓄えられる（**図—2**）。

図—2　旋回ブレーキ時のエネルギー蓄積

旋回ブレーキ時には，「補助アキュムレータ」からメイクアップ用の流量を旋回油圧モータに供給し，メインポンプの吐出量は低減させている為，エンジンの燃料消費量は抑制される。そして，旋回加速時に，旋回エネルギー再生アキュムレータに蓄えられた油圧エネルギーを放出し，旋回油圧モータを駆動させる（**図—3**）。この際，やはりメインポンプの吐出量は低減され，燃料消費量が抑制される。

これら油圧エネルギーの制御の為に，メインコントロールバルブとは別に，「旋回エネルギー再生バルブ」を搭載し，旋回油圧モータ，旋回エネルギー再生アキュムレータ，補助アキュムレータの間の流量コントロールを行っている。

図—3　旋回加速時のエネルギー放出

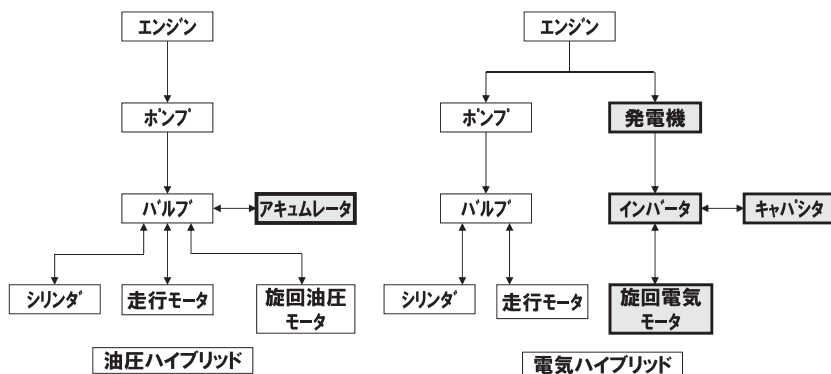
（2）電気ハイブリッドシステムとの比較

国内市場には，既に各メーカが電気ハイブリッドシステムを搭載した油圧ショベルを導入している。当社でも，標準機の開発の際に，油圧ハイブリッドシステムだけでなく，電気ハイブリッドシステムの検討も進めていたが，30トンクラスの油圧ショベルにおいては，油圧ハイブリッドシステムが最適であると判断し開発を進めた。

電気ハイブリッドシステムは，旋回ブレーキ時の運動エネルギーを，旋回電気モータを兼ねた発電機で電気エネルギーに変換回収，インバータを介してキャパシタに蓄電する。そして，旋回操作時に，その電気エネルギーを，インバータを介して旋回電気モータに供給，旋回駆動させるというのが基本原理である。キャパシタへの蓄電には，エンジンにマウントされた発電機を利用するケースもある。旋回ブレーキ時のエネルギーを再利用するという点では，電気ハイブリッドシステムも，本機種の油圧ハイブリッドシステムも共通であるが，システムに必要とされるコンポーネントに差異がある。

本機種の旋回油圧モータは，標準機とほぼ同等品であり，主な新規コンポーネントは蓄圧器（旋回エネルギー再生アキュムレータ，補助アキュムレータ）だけとなっている。電気ハイブリッドシステムでは，新規コンポーネントとして，旋回電気モータ兼発電機，キャパシタ，インバータ，エンジンマウント発電機等，点数が多く，標準機に対する大幅なコストアップが発生してしまう（**図—4**）。本機種はハイブリッドシステムを搭載しながらも新規コンポーネントを少なくし，コストアップを抑えている。

3. 電子制御式コントロールバルブ

油圧ショベルに搭載されているコントロールバルブは，メインポンプから供給される作動油を，各アクチュ

図―4　油圧・電気ハイブリッドシステム比較

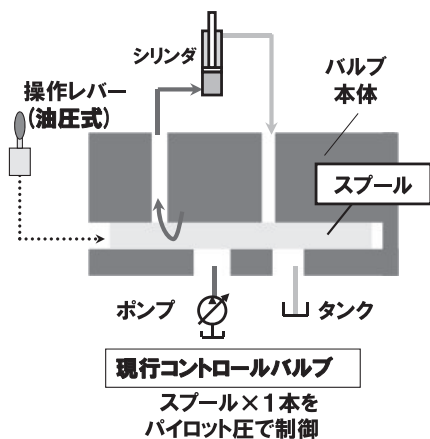
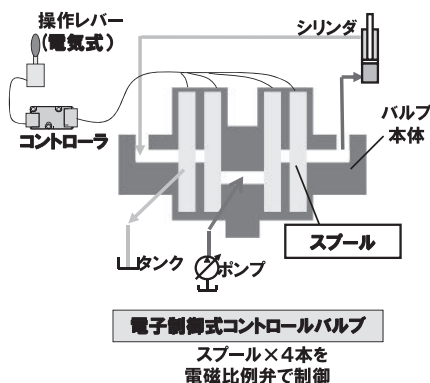
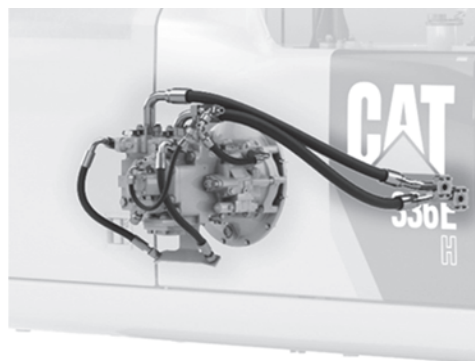
エータに分配し，戻り分を作動油タンクに返す制御を行っている。各アクチュエータへの送り・戻りの流量は，コントロールバルブに内蔵されているスプールの挙動で調整される。従来の方式では，一つのアクチュエータに対し1本のスプールがその制御を担い，オペレータのレバー操作に従い，パイロット圧がスプールの挙動をコントロールしている（**図―5**）。

一方，本機種では，新たに電子制御式コントロールバルブを採用している。一つのアクチュエータに対し，4本のスプールがその制御を担っており，アクチュエータの伸び時の行き・戻り，縮み時の伸び・縮みにそれぞれ，1本ずつのスプールを割り当てており，その挙動を電磁比例弁で電子的に制御している（**図―6**）。これにより，標準機336E/336E Lと同等の操作性を実現する事はもちろん，緻密なスプール制御により，圧力損失を低減する事が可能となり，燃料消費量の低減に貢献している。

図―5　従来コントロールバルブ

図―6　電子制御式メインコントロールバルブ

4. 高効率電子制御メインポンプ

本機種のエンジン制御は，標準機に対し，約100 rpm低いエンジン回転を維持する事で，燃料消費量の低減に貢献している。エンジン回転を低減すれば，燃費は向上するものの，ポンプ流量の低下，つまり生産性の低下も招いてしまう。これに対し，本機種では，高効率電子制御メインポンプを採用する事で解決している（**図―7**）。高効率電子制御メインポンプは，標準機から容量を増加させると共に，吐出量を決定するポンプレギュレータを電子制御化しており，エンジン回転低減分を打ち消すだけの優れた効率を発揮し，燃料消費量低減にも貢献している。

図―7　高効率電子制御メインポンプ

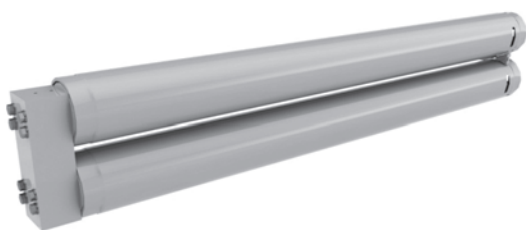
5. 燃費性能

本機種は，上述してきた油圧ハイブリッドシステム，電子制御式コントロールバルブ，高効率電子制御メインポンプ，エンジン回転の低減等の採用により，

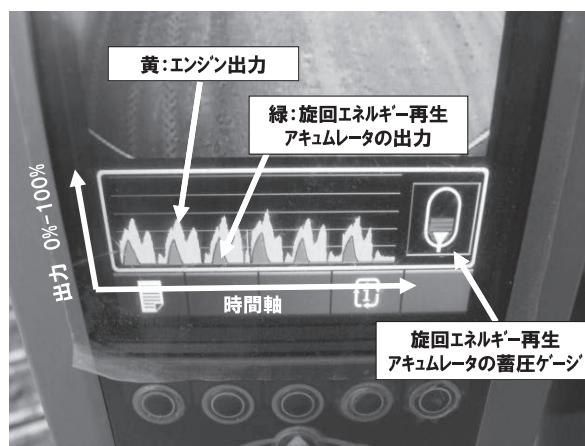
従来機に対しては最大30％の燃料消費量低減し，標準機に対しても約10％の燃料消費量低減を可能としており，お客様の燃料コスト削減に貢献する。また，標準機の生産性（ton/hr）は，本機種においても同様に確保されている。本機種の油圧ハイブリッドシステムは旋回操作時の燃料消費量低減に貢献するが，電子制御式コントロールバルブ，高効率電子制御メインポンプ，エンジン回転の低減の採用により，旋回作業以外の操作においても，燃料消費量の低減を可能としている。

また，本機種は，Cat Eシリーズ油圧ショベル全機種に搭載されている「燃費低減型エンジン・油圧システム」を採用しており，国土交通省の新技術情報提供システムNETIS（New Technology Information System）にも登録されている。

6. メンテナンス／サービス性

本機種は，油圧ハイブリッドシステムの採用に伴い，新しいコンポーネントを搭載しているものの，標準機に比べ，メンテナンスアイテム／サービスアイテムの増加は極力抑えており，ランニングコスト低減にも配慮している。追加となる定期メンテナンスは旋回エネルギー再生アキュムレータ（**図―8**）のシール交換（3年間隔）のみとなっている。尚，各アキュムレータの窒素ガスの充填量が万一減った場合には，キャブ内モニタ上に警告メッセージが表示され，充填を促す機能も有している。

図―8 旋回エネルギー再生アキュムレータ

7. ハイブリッドゲージ

本機種は，オペレータの作業視界の妨げとならない縦型タイプかつコンパクトサイズながら，大画面で様々な情報を表示出来るフルグラフィックカラーモニタ（7.0インチ，カラーLCD画面）を搭載している。このモニタには，油圧ハイブリッドシステムの稼働状況をリアルタイムに把握できるハイブリッドゲージ表示機能を有している。旋回エネルギー再生アキュムレータの蓄圧状態をゲージで表示する他，エンジンの出力と旋回エネルギー再生アキュムレータが放出する出力を同時に，リアルタイムで確認できるゲージ機能も有している（**図―9**）。これらのゲージは，標準装備されているリアビューカメラの映像画面や，燃料計／作動油温計／冷却水温計の主要ゲージと同時表示する事が可能であり，オペレータは，稼動に重要な情報を確認しつつ，旋回操作時の省エネ効果を確認する事ができる。

図―9 ハイブリッドゲージ表示（モニタ）

8. おわりに

ハイブリッド油圧ショベル「本機種」336E H/336E L Hについて，その特長を紹介してきた。作業能力を犠牲にしないで燃料消費量を低減し，お客様に満足頂けるバリューを備えた製品を開発する事は，技術的には大きな困難を伴う。しかしながら，油圧ハイブリッドシステム，電子制御式コントロールバルブ等の新しい技術を取り入れる事に挑戦し，燃料消費量低減の実現を成功させ，この336E H/336E L Hの市場導入を果たせた事を，メーカの一員として喜ばしく感じている。この製品が，お客様のビジネス成功に貢献する事を期待する。今後とも，継続して更なる技術改良に取り組み，商品価値の向上に努めていく所存である。

J C M A

[筆者紹介]
白澤 博志（しらさわ ひろし）
キャタピラージャパン㈱
市場開発部 商品サポートグループ
主任

特集>>> 土工

AC 駆動 290 t 積級 リジッドダンプトラックの開発
EH5000AC-3

井 刈 孝 信

当社ではAC駆動式290 t積級 リジッドダンプトラックをAC-3シリーズ機の第一弾として発売を開始した。
本機はACIIシリーズで搭載した技術を踏襲し，グループ企業の総合力で共同開発した最新式IGBTインバータと車体制御（HDC）を標準装備することにより，今までにない安定した走行性能を実現した。
環境影響の少ない，安全性の高いダンプトラックとして開発した本機を紹介する。
キーワード：ダンプトラック，リジッドダンプ，AC駆動，ACドライブ，IGBT，車体制御

1. はじめに

当社ではグループ企業と共同開発した最新式IGBTインバータを使用したAC駆動システムを搭載した純国産ダンプトラックとして，2008年9月にEH3500ACIIを，2010年11月にEH4000ACIIを発売した。AC駆動方式のダンプトラックは，エンジンで発電機を駆動し，その電気をインバータ等の制御機器で制御した後，交流（AC）モータを駆動し走行するという方式により，高い駆動力・制動力と，きめ細かい制御性を兼ね備え，ACIIシリーズ機として車体性能の向上と高い信頼性，メインテナンスコストの低減を実現している。特にその優れた走行性能と減速性能は高い評価を得ている。

今回，ACIIシリーズ機のAC駆動技術を踏襲して，機能を追加した，AC-3シリーズ機の第一弾としてEH5000AC-3（以下「本機種」という）を発売したので，紹介する。

2. 仕様および外観（表—1，写真—1～3，図—1）

クラス最大級のエンジン出力と公称積載質量を実現した。

AC電源制御盤とグリッドボックスをキャブ後方に配置し，ラジエータ上デッキをフルフラットにすることで運転員の視界確保を計った。

エアクリーナは低い位置に配置し，集中給脂パネルは地上から作業が可能な高さに設置し，作業性の向上を計った。

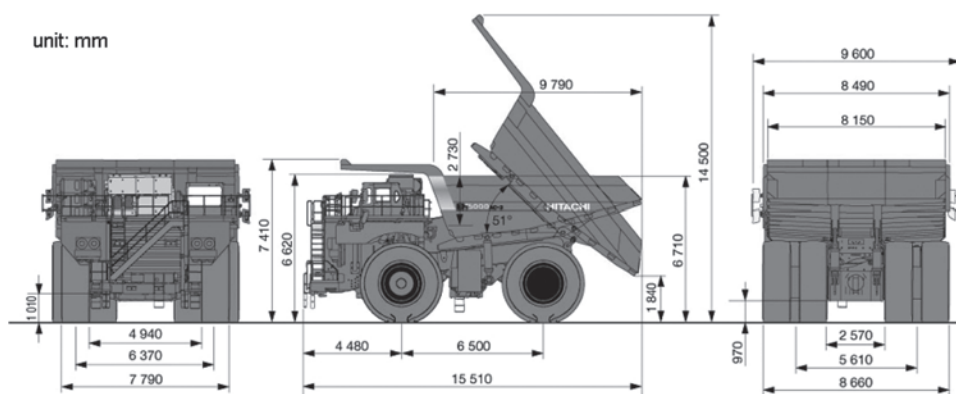
昇降階段は630 mmの幅広とし昇降の安全性を確保した。

燃料タンクは右側面に配備し，標準2900 Lタンクに加え，24時間連続稼動可能な5100 Lタンクをオプション設定した。

表—1 主な仕様

項　目		本機種
公称積載質量	kg	296,000
ボディ容量（山積/平積）	m^3	202 / 148
運転質量（空車質量）	kg	204,000
車両総質量	kg	500,000
エンジン型式	−	カミンズ QSKTTA60-CE
エンジン定格出力	kW/min^{-1}（PS/rpm）	2,125/1,900（2,890/1,900）
全長	mm	15,510
全幅（ミラー含む）	mm	9,600
全高	mm	7,410
最高走行速度	km/h	56
タイヤサイズ	−	53/80R63

注）単位は国際単位系によるSI単位表示。（ ）内は従来の単位表示を併記。

写真—1 本機種外観

図―1　本機種外観

写真―2　本機種外観

写真―3　本機種外観

ベッセル（荷台）を上げて整備する際の自然沈下防止として，ベッセルとフレームを結ぶプロップケーブルを標準装備，直接ピンで固定するプロップピンもオプション設定した。

3．ACII シリーズ機技術の踏襲

（1）ROPS/FOPS 対応ワイドキャブ

EH4000ACII で採用した，ワイドトレーナーシートを搭載可能な ROPS/FOPS 対応ワイドキャブを採用した。センターコンソールに前後進切替えシフトレバーと，ベッセル（荷台）の昇降レバー，ブレーキスイッチを集中配備し，片手で操作可能にした（**写真―4**）。

写真―4　キャブ内

（2）ボルト締結方式キャブサポートとフラットデッキ

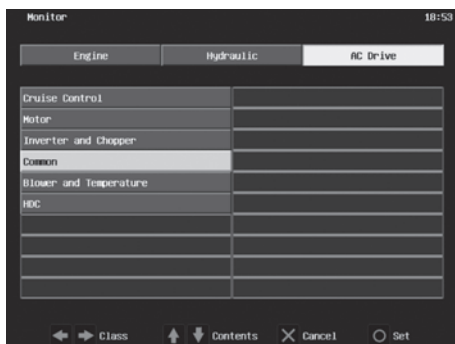
現地組立て時に溶接作業を廃止すると共に，メインテナンス時に脱着容易なボルト締結式キャブサポートを採用した。またフルフラットデッキを採用し視界確保を計った（**図―2**，**写真―5**）。

図―2　ボルト締結式キャブサポート

写真―5　フラットデッキ

(3) 高機能大型液晶ディスプレイ

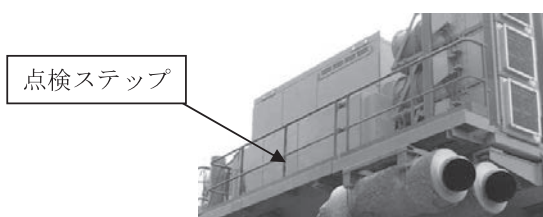
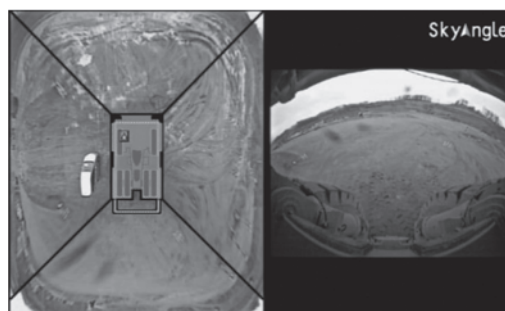
大型ディスプレイをハンドル基部に配置。走行速度，エンジン回転数，積載荷重等の運転情報やトラブル情報等を迅速かつクリアに表示。本体情報と合わせ，エンジン情報，AC 駆動システム情報も合わせて表示可能とした（**図—3，4**）。

図—3 運転情報画面

図—4 サービスメインテナンス画面

(4) AC 電源制御盤

水冷・加圧式 AC 電源制御盤を視界に影響の無いキャブ後方に配置。メインテナンス性を考慮し，電源制御盤の後方にも点検ステップを設けた（**写真—6**）。

(5) 走行減速機潤滑油回路と後輪湿式ブレーキ

インバータで必要流量を制御する走行減速機潤滑油用冷却・ろ過装置，後輪には耐久性のある湿式ブレーキを標準装備。信頼性と安全性を両立した。

写真—7 標準周囲表示画面

写真—8 全周囲安全確認支援装置 SkyAngle

(6) 標準カメラ表示画面と SkyAngle

死角確認のためのカメラ2台と表示画面を標準装備。

オプションとして，全周囲安全確認支援装置 SkyAngle（スカイアングル）の搭載を可能にした（**写真—7，8**）。

(7) 2系統脱出梯子と非常停止装置

2系統の緊急脱出用梯子を車体の左右に標準装備。点検時にエンジンを非常停止できる，4個のグランドレベルより操作可能なキャブ外エンジン非常停止スイッチを標準装備し，安全性に十分配慮した（**図—5**）。

写真—6 加圧式電源制御盤

図―5 2系統の脱出用梯子

4. 車体制御 HDC（Hitachi Drive Control）

高い応答性を持つ IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）インバータを搭載した AC 駆動方式を採用し，これをグループ企業の総合力で共同開発した制御ソフトウェアにより，走行モータに対する，きめ細かな変速制御とトルク制御を実現。発進時，登坂時やステアリング時にも，制御システムが最適な電力を即座にモータへ出力することにより，滑らかでスピーディーな走行性能を実現した。

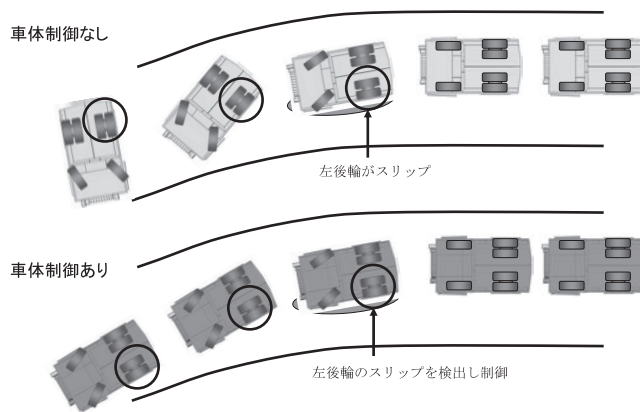
(1) スリップスライド制御

発進／加速および減速／停止時に発生するリアタイヤのスリップとスライドを回転センサで検出。走行モータのトルクを制御することにより，タイヤの空転とすべりを抑え，雪道や泥濘地での走行補助を行う。

(2) ピッチ制御

路面の凹凸による障害物の乗り越え時に発生する車体のピッチ状態を検出。走行モータのトルクを制御することにより，車体の前後揺れを抑制。乗り心地を改善すると同時に，積載物の荷こぼれを低減する。

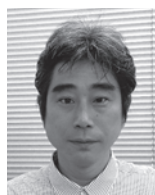
(3) サイドスキッド制御

運転員のハンドル操作と車体の旋回状態を監視し，フロントやリアのタイヤの横すべりを抑え，運転員の操作の補助を行う（図―6）。

図―6 例：旋回減速時の車体制御の概念図

5. おわりに

「本機種」EH5000AC-3 を AC-3 シリーズ機の第一弾として発売を開始した。グループ企業（日立グループ）の総合力で共同開発した車体制御（HDC）を標準装備し，今までにない安定した走行性能を実現した。この車体制御（HDC）は，AC-3 シリーズとして EH3500，EH4000 クラスのダンプトラックにも展開してゆき，環境影響の少ない，安全性の高いダンプトラックの開発を推し進めてゆく。より安定した走行性能により，稼働現場でのスピーディーな運搬サイクルを実現し，高い生産性に寄与できる機械となるよう，今後も電気駆動システムのさらなる改善を進めてゆく所存である。

JCMA

［筆者紹介］
井刈 孝信（いかり たかのぶ）
日立建機㈱
開発本部 資源開発システム事業部

岩塊・玉石から軟岩をスピーディに掘削
エキセントリックリッパーを機構と構造から見たその効果

戸 部 憲 吾

エキセントリックリッパー（以下「本装置」という）は，スペインで開発された油圧ショベルに搭載する掘削作業用のフロントアタッチメント製品である。一本爪リッパに振動機能を付加したイメージで一対の偏芯質量歯車の回転で発生する振動を，アキュムレータとリンク機構により増幅することで掘削能力が飛躍的に向上する。また，油圧モータの回転で振動を発生するので油圧ブレーカのような金属打撃音が発生しない。さらに可動部を密封構造にしているので作業環境の影響を受けず，メンテナンスも簡単になっている。本稿ではこれら本装置の特徴的な機構と構造から見たその効果について報告する。

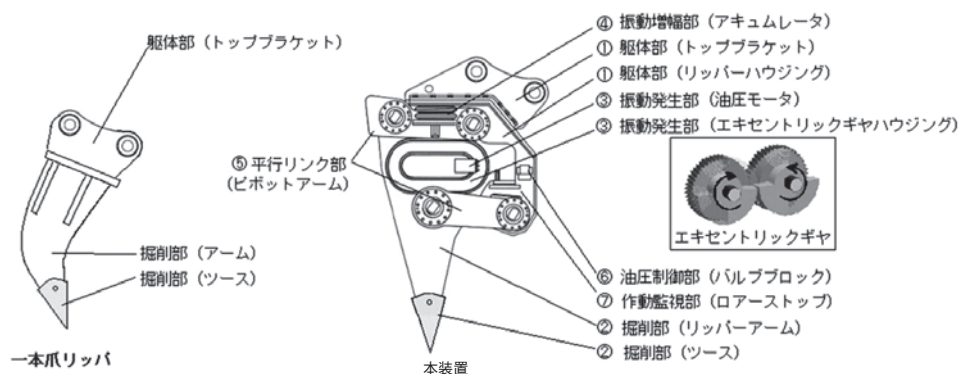
キーワード：土工，油圧ショベル，アタッチメント，岩隗掘削，軟岩掘削，水中掘削，コンクリート解体

1．はじめに

本装置は，2010 年のドイツのバウマ国際建設機械見本市でスペインのメーカが発表した掘削作業用のフロントアタッチメント製品である。油圧ショベルに搭載する一本爪リッパに振動機能を付加した構造で，欧州を中心に土木工事，砕石とコンクリート解体等において従来技術に対して優位性が有るとされている。その機構と構造は単純だが，掘削の際には複雑な相互作用が働くことから，技術的な裏付けが十分にはまとまっていなかった。そこで，日本国内で稼働するために必要な基礎データである騒音と振動のデータを得る目的で，同社の了承を得て本装置の特性を調べるための試験を行った。本装置の騒音・振動データと，試験を通じて判明した特性から推定できる効果について報告する（**写真―1**）。

写真―1 本装置による掘削

2．構造

一本爪リッパはアームとツースからなる掘削機能を有する単機能製品だが，本装置は振動発生部，振動増幅部，平行リンク部などの複数の機能を有する製品である（**図―1**）。

図―1 構造比較図

①躯体部

トップブラケットとリッパーハウジングで構成され，リッパーハウジングはコンポーネントを内包し，トップブラケットで油圧ショベルと接続されている。各コンポーネントを支持し内部の油圧モータや油圧制御部を保護する。

②掘削部

リッパーアームは，振動発生部を内蔵し先端にツースが取り付けられ，後端にアキュムレータを接続している。振動の力，推力と油圧ショベルの掘削力をクサビ形状のツースに与えて，対象物を掘削する。

③振動発生部

偏芯質量歯車（以下エキセントリックギヤ）とそれを回転させるための油圧モータで構成している。一対のエキセントリックギヤを逆方向に回転させることで掘削方向の振動を発生する。

④振動増幅部

鉄道車両用の空気バネ（以下アキュムレータ）を使用している。ゴム体に圧縮空気が充填され，躯体部と掘削部の間に設置されている。掘削部を油圧ショベルで対象物に押し付けると圧縮する。

⑤平行リンク部

アッパーとロアーの２本のピボットアームで４リンク機構を構成し，躯体部と掘削部を接続し，ツースのクサビ方向に掘削部を案内する。回転部分には，高容量のころがり軸受を用い，フローティングシールによる密封構造としている。

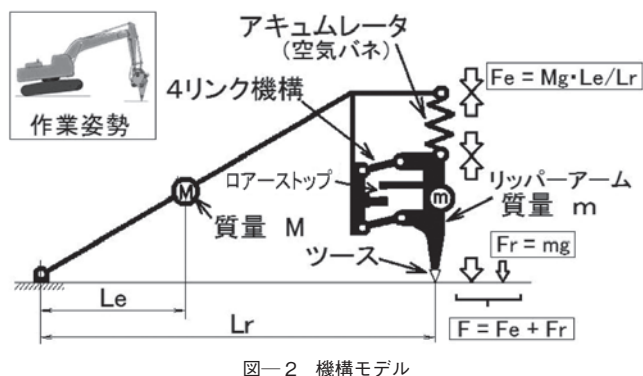
⑥作動監視部

掘削部を対象物に押し付けると，アキュムレータが圧縮し，ロアーストップのスキマが開く。ロアーストップのスキマの程度により，ツースに加わっている推力の大きさを運転席から監視できる。

⑦油圧制御部

圧力調整弁と方向調整弁を組み合わせたコントロールブロックと油圧ホースで構成され，油圧モータの回転を制御する。

3．基本機構

本装置の一般的な作業姿勢を用いて機構をモデル化した。質量 M は油圧ショベルと本装置の総質量からリッパーアームの質量を引いた質量である。質量 m は，振動発生部を含むリッパーアームの質量であり，距離 Lr は，油圧ショベルの足回りの支点からツース先端の支持点までの距離を示し，距離 Le は，質量 M の中心までの距離である（**図― 2**）。

図― 2　機構モデル

ツース先端に加わる力は，質量による静荷重と振動発生部による振動力である。質量による静荷重は，質量と油圧ショベルよりの距離にのみ変化し，アキュムレータの力を間接的に受けている。

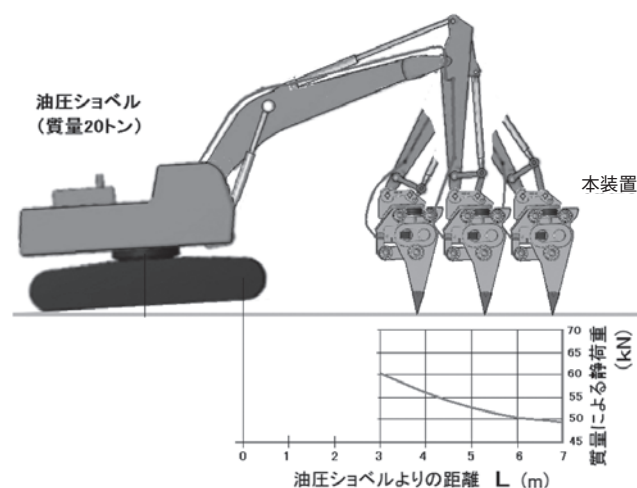
まずは基本機構を説明するため，リッパーアームが変位しない（動かない）条件でのツース先端に加わる静荷重，振動力とアキュムレータの力について考察する。

（1）質量による静荷重

質量による力を F とし，重力加速度を g とすると，

F ＝（m ＋ M・Le ／ Lr）・g

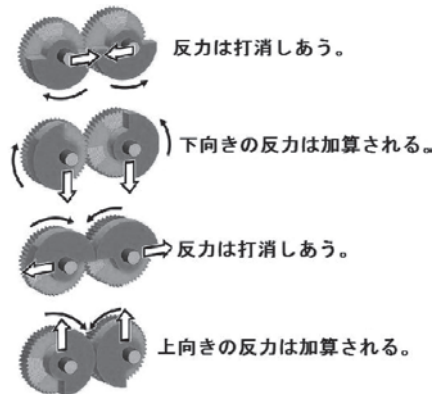
で表すことができ，質量による力 F は距離 Lr に反比例する。

実際に質量 20 トンの油圧ショベルに本装置を搭載し，油圧ショベルの遊動輪からツースまでの距離（L）における質量による静荷重を測定した（**図― 3**）。

図― 3　静荷重の変化

20 トンクラスの油圧ショベルに搭載した本装置では，50 kN から 60 kN の力がツース先端に加わる。これは車重の 25 ～ 30％に相当する。

（2）振動発生部による振動力

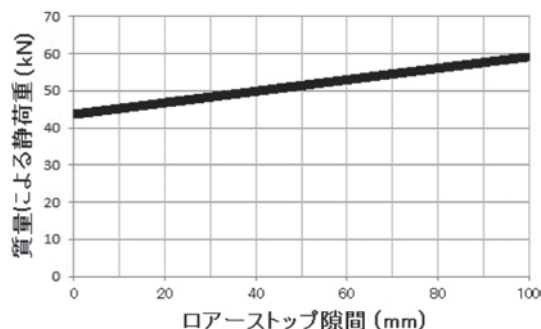
エキセントリックギヤが回転することで偏芯質量に

よる遠心力が発生し，その遠心力の反力をリッパーアームで受ける。エキセントリックギヤを一対とし，偏芯の方向を合せて互いに逆方向に回転させると，歯車の中心を結ぶ方向の反力は打消しあい，歯車の中心を結ぶ線に対して直角方向の反力は加算される（**図─ 4**）。

図─ 4　エキセントリックギヤの働き

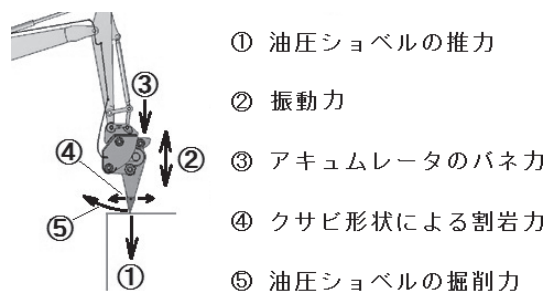
ここで，一つのエキセントリックギヤに加わる遠心力を Fc とし，角速度を ω，時間を t とすると，上下方向の合成反力（振動力）Fe は，次式で表される。

$$Fe = 2 \cdot Fc \cdot \sin(\omega t)$$

(3) アキュムレータの圧力

アキュムレータには，所定圧力で圧縮空気が充填されている。アキュムレータの圧縮量は，油圧ショベル側の質量による静荷重に比例する。また，この圧縮量は，ロアーストップのスキマ長にも比例する。アキュムレータの圧力は，油圧ショベルよりの所定の距離（L）において，ロアーストップのスキマが 6 ～ 8 cm になるようにアキュムレータの圧力を調整する。**図─ 3** の実測値を例にすると，20 トンの油圧ショベルの場合，取扱説明書では油圧ショベルからの所定距離（L）が 4.0 ～ 5.0 m なので，その時に，ロアーストップのスキマが 6 ～ 8 cm になるようにアキュムレータの圧力を調整する。実測した静荷重がそれぞれ 53 kN と 56 kN であったので，質量による静荷重とロアーストップの隙間の関係をグラフで表すことができる（**図─ 5**）。

図─ 5　ロアーストップ隙間と静荷重

4. 従来技術との違い

掘削の際に本装置は次の力を使用できる（**図─ 6**）。

図─ 6　掘削時に働く力

これらの力が複合的に働くことが，本装置の最大の特徴であり，従来技術よりスピーディに掘削できる要因である（**表─ 1**）。

表─ 1　掘削時に働く力の比較

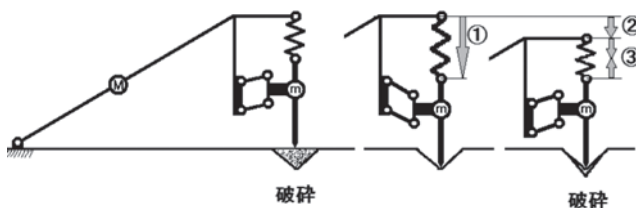
	① 推力	② バネ力	③ 振動力	④ 割岩力	⑤ 掘削力
本装置	○	○	△	○	○
バケット	△	×	×	△	○
一本爪リッパー	○	×	×	○	○
油圧ブレーカ	×	×	○	△	×

○：十分に利用できる　　△：ある程度利用できる
×：利用できない

これらの５つの力を，岩掘削に必要な破砕力と割岩力に分類し，本装置と従来技術の位置付けを行った。

(1) 破砕力

油圧ブレーカの破砕力に相当する本装置の力は，推力，振動力とバネ力が関係する。

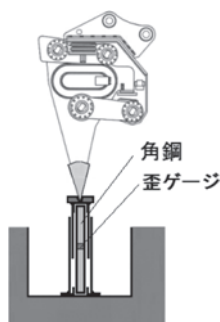
実際の掘削作業においては，対象物の破砕に伴いリッパーアームが掘削方向に動くので，ツースを支えている対象物が順次破砕されることで，リッパーアームは減衰しながら伸縮運動を起こすと考える（**図─7**）。

図─ 7　掘削時の動き

①対象物の破砕により，アキュムレータによりリッパーアームが掘削方向に押し出され，ツースが対象物に再び接触した時にリッパーアームの運動エネルギが加算される。
②油圧ショベル全体が，足回り後方支点を中心に重力方向に回転移動し，ツースには油圧ショベルの総質量による静荷重に運動エネルギが加算される。
③アキュムレータは，油圧ショベル全体の運動エネルギ分により圧縮され，ツースにはアキュムレータの圧縮分のエネルギが加算される。
④種々の抵抗により，減衰しながら①から③を繰り返す。

ここに，エキセントリックギヤによる振動力がリッパーアームに加わる。ところが，エキセントリックギヤがリッパーアームとともに動いているので，エキセントリックギヤに加速度が加わり，遠心力を受ける反力が変化する。その為，破砕力を検討する上で次の要素を考慮しなければならない。

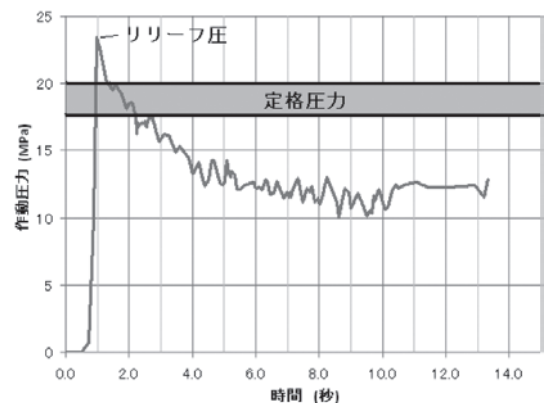
①リッパーアームの変位により，アキュムレータが伸縮し，バネ―質量系の強制振動モデルとなるので，リッパーアームが上下に振動する。
②リッパーアームが振動すると，リッパーアームの加速度が振動発生部に加わり，振動発生部の振動力が変化する。
③振動力が変化すると，油圧モータの回転負荷が変化し，作動圧力が変化する。
④可変容量ポンプを使用している油圧ショベルでは，作動圧力の変化によりポンプ吐出量が変化するので，エキセントリックギヤを回す油圧モータの回転数が変化する。

これらの要素は複雑に絡み合い単純計算では解明できないので，特性を把握するため，実際に作動させてツース先端の荷重と作動圧力を測定した。

先端荷重は，角鋼の4面に貼り付けた歪ゲージにより歪を測定し，曲げの影響を受けていない方向の相対する2面の値の平均値を使用して応力から荷重を求めた（**図―8**）。

図―8　荷重測定方法

尚，作動圧力は作動開始後，リリーフ圧力まで上昇した後に徐々に低下し，定格圧力より降下した状態で平衡状態になった。定格圧力より作動圧が低下したのは，角鋼のたわみにより，リッパーアームが上下に変位していた影響だと考える。測定開始から12秒付近の圧力変動が安定した時間帯の最小荷重，最大荷重と平均荷重を求めた（**表―2，図―9**）。

表―2　ツース先端の荷重

最小荷重	3 kN
最大荷重	140 kN
平均荷重	56 kN

図―9　作動圧力の変化

平均荷重は，前述の静荷重（56 kN）に一致しているが，平均荷重と最小荷重との差が53 kNに対し，平均荷重と最大荷重との差は84 kNと大きくなっている。この差が，アキュムレータのバネ力により増幅された影響だと考える。具体的には，推力が56 kN，振動力が±53 kNでアキュムレータのバネ力が31 kNに相当すると考える。

尚，最大荷重140 kNは，同クラスの油圧ブレーカに対してざっくりと半分程度の力であった。この報告では，本装置の破砕力は，同クラスの油圧ブレーカの半分とする。

(2) 割岩力

ツースはクサビ形状になっているので，対象物を引き裂く割岩力は推力方向の力より大きくなる。ツースのテーパ角度から推定すると，推力方向の力の約4倍が押し広げ力に増幅する。

割岩力は，本装置の振動力とバネ力に対して働く。油圧ショベルの掘削力を，油圧ショベル質量の65%とし，20トンクラスの油圧ショベルで130 kNとすると，本装置の割岩力は，振動力とバネ力による割岩力と掘削力の和で466 kNになる。

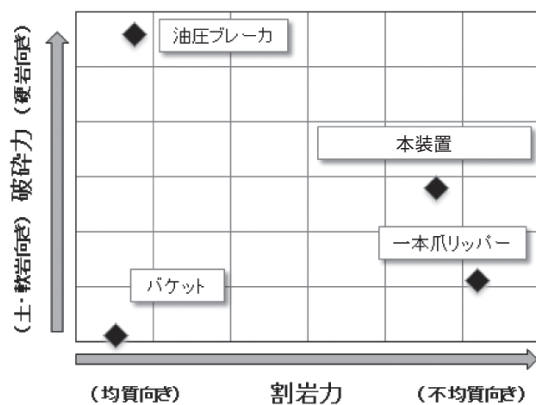
（3）従来技術の破砕力と割岩力の想定

①破砕力

本装置の破砕力を推力，バネ力と振動力の和で求めたので，1本爪リッパは，本装置と同じ推力を破砕力とし，バケットはバケット幅とリッパー幅の比率で10分の1とした。油圧ブレーカは本装置の2倍の280 kNとした。

②割岩力

バケットの割岩力は，破砕力と同様に10分の1とした。油圧ブレーカの割岩力は，テーパ角度を75°として振動力に対して働くとした。

ここで，今迄に示した力を基に，横軸を割岩力とし，縦軸を破砕力として，従来技術と本装置の位置づけを図に表した（図―10）。

図―10 従来技術との位置づけ

割岩力が強ければ亀裂の多い不均質な対象に効果が高く，破砕力が強ければ硬岩に効果が高いと考えられる。このグラフは，本装置の試験結果を基に，従来機種の位置づけを表している。

5. 騒音と振動

（1）騒音試験

騒音データは再現可能な製品自身の発生する騒音を表すべきなので，騒音測定に際しては以下の2次的に発生する騒音が含まれない試験方法とした。

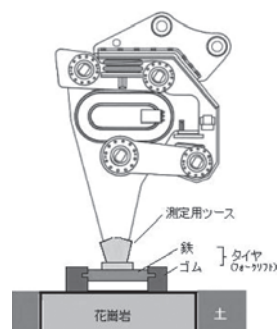
①対象物の破壊音

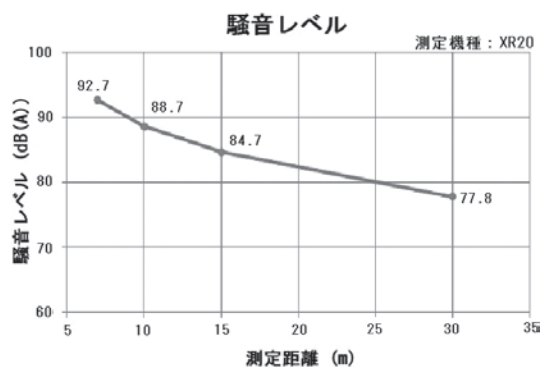
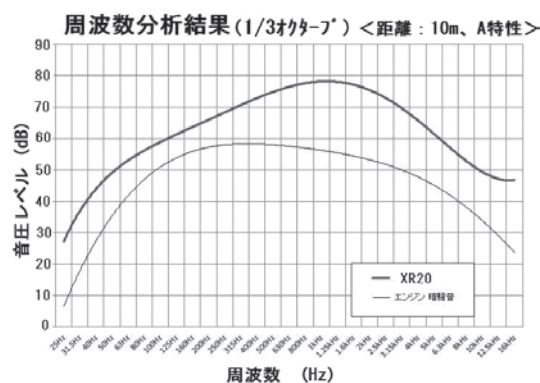
②対象物が崩れる際の衝突音

③対象物が本装置にぶつかる衝突音

④ツースによる引掻き音

⑤油圧ショベルのリンク部のガタツキ音

試験は，土中に1 m角の花崗岩を埋め，その上にタイヤ（フォークリフト用のソリッドタイヤ）を置き，ツース先端に平板を溶接した測定用ツースを取付けた。この方法で本装置を作動させると，リッパーアームの振動がタイヤで吸収され，2次的に発生する騒音を低減することができた（図―11）。

図―11 騒音測定方法

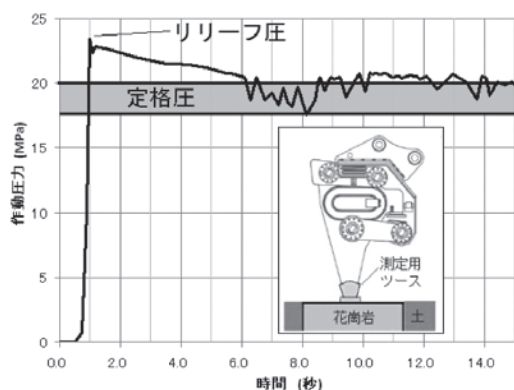
しかしながら，リッパーアームが変位することで，作動圧が低下し油圧ショベルのポンプ吐出量が増加して油圧モータの回転数が大幅に増加した。そこで，本装置の定格油量である160 L/minになるように油量を絞って騒音レベルと周波数を測定した（図―12，13）。

図―12 騒音レベル

図―13 周波数分析

実際の掘削作業においては，2次的に発生する掘削音が発生するので注意が必要であるが，その騒音レベルは油圧ショベルのバケット作業や一本爪リッパによる作業と同レベルと考えて良い。

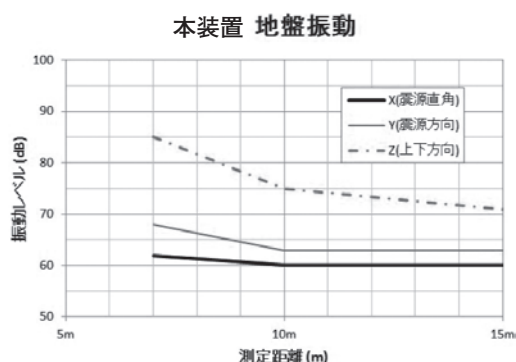
また，本装置は，バネ力を活用する為に，対象物にツース先端をしっかりと押し付けて稼働させるが，押

し付けが不十分な場合には，ロアーストップでの打撃音が発生する。この状態を空打ち状態と呼ぶが，この騒音は著しく大きく，また，リッパーハウジングの破損につながることから，注意が必要である。

(2) 振動試験方法

破砕力を測定した試験方法は，実際の掘削条件には近いものの，作動圧が定格圧力より低くなるので振動測定には適さない。定格圧力で測定するために，測定用ツースを製作し，リッパーアームの変位を抑制した方法で測定した（図― 14）。

図― 14　振動測定方法

地盤振動は，ツース先端から 7 m，10 m，15 m の位置で公害振動レベル計を地面に置いて測定した。

同時に油圧ショベルのアーム部の加速度と座席振動の加速度も測定した。アーム部の加速度は，油圧ショベルのアームのバケット取り付けピンとブーム取り付けピンを結ぶ線上に加速度センサを設置した（図― 15，表― 3）。

図― 15　地盤振動

表― 3　油圧ショベルの振動

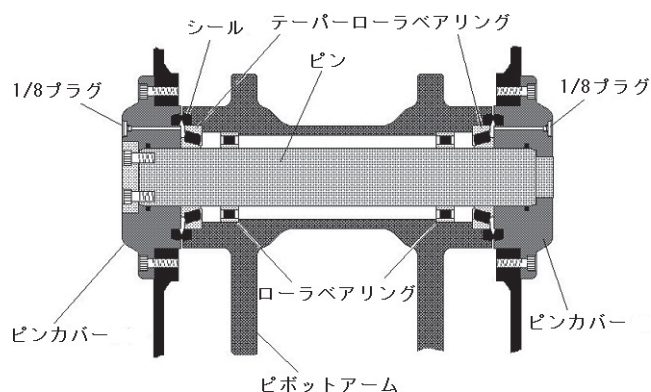
アーム振動　(m/s^2)

前後方向	左右方向	上下方向
5.2	7.0	5.3

座席振動　(m/s^2)

ベクトル合計量
0.884

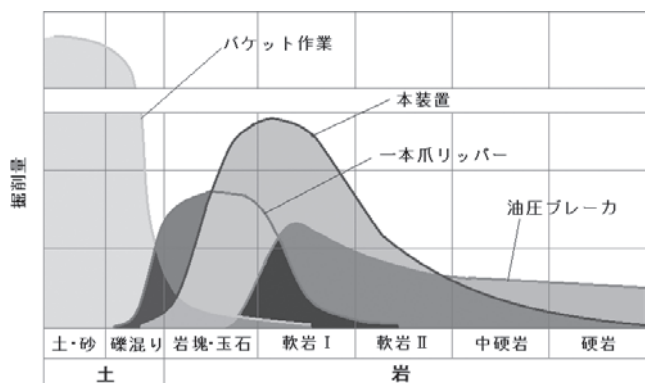
6. 平行リンク部の構造

本装置の可動部は，振動発生部の油圧モータとエキセントリックギヤ，アキュムレータと平行リンク部である。振動発生部とアキュムレータは機能面から密閉構造が必要であり，外部環境の影響を受けない。残る平行リンク部を密閉構造にしたことで，本装置の全ての可動部は，ダストや水といった外部影響を受けることなく，また，過剰なグリスが外部環境へ流出することもない。さらに，可動部を密封構造にしたことで，メンテナンス間隔を延ばすことが可能になり，また，ベアリング等の寿命にも好影響を与えている（図― 16）。

図― 16　平行リンク部のピン構造

平行リンク部は，ローラベアリングで主な負荷である回転負荷を支え，テーパーローラベアリングでシールの軸方向の隙間を管理している。シールには履帯式の走行機構で使われているシールを使用している。ベアリングとシールの潤滑はシャシーグリスを使用し，グリスの交換は，ピンカバーの 1/8 プラグを両方外し，片側にグリスニップルを取り付け，反対側から古いグリスを排出するまで新しいグリスを供給する。交換間隔は 1000 時間ごとまたは 1 回／年である。

7. 効果的な使用方法

本装置は，一本爪リッパに油圧ブレーカの凡そ半分の破砕力を付加しているので，一本爪リッパと油圧ブレーカの間の作業に最も効果が有ると考える。今後の実証が必要ではあるが，基本となる土質・岩質の条件による掘削力のイメージを想定してみた（図― 17）。

バケット作業は，土・砂の硬さによる掘削量の差は少ないが，礫が土に混じってくると掘削量が極端に低

図―17 土・岩質別 掘削量のイメージ

下すると考える。一本爪リッパは，掘削力が集中するのでバケットより貫入力が強く，礫まじり土の礫や玉石，岩隗を掘り起こすことができるので，礫まじり土から風化の進んだ軟岩まで掘削できると考える。油圧ブレーカは，軟岩より硬い岩が掘削対象になるが，岩が軟らかすぎるとロッドが刺さるだけで掘削が困難になる反面，硬岩になっても破砕量が急激に低下しない特徴がある。

本装置は一本爪リッパの特徴を持ち，油圧ブレーカの凡そ半分の破砕力があることから，礫まじり土から軟岩までの広い範囲で効果を発揮すると考える。

従って，以下の作業で効果が高いと考える。

①表土掘削

土質・岩質が安定していない表土掘削では，幅広い土・岩質に対応できるので，機械の入替や作業効率の極端な低下がない。

②法面成形

法面の角度に沿って振動を与えながら掘削できるので，部分的に硬い層があるような法面成形に効果がある。

③溝掘り作業

土・岩質の変化が大きい溝掘り工事では，ツースの幅が狭いので無駄なく掘削できる。また，湧水があっても問題なく作業できる。

本装置は，従来技術である一本爪リッパや油圧ブレーカに置き換わる製品ではない。単純な置き換えで効果を発揮する場合もあるが，それぞれの長所を組み合わせて，総合的な作業の効率化を目指す使い方も考慮すべきである。

また，本装置の騒音特性と外部環境の影響を受けない特徴から，条件付きではあるが，以下の作業への適用が可能である。

①水中作業

特別な装備をすることなく使用できる。但し，水深が深くなると水の抵抗と浮力により掘削力が低下する可能性がある。

②高温作業

油圧モータ，油圧ホース等が掘削を行うツースから離れているので，対象物よりの熱影響は少なく，油・グリスの発火のリスクが低い。

③コンクリート構造物解体

軟岩までの掘削が可能なので，コンクリート解体を低騒音で行うことができる。但し，空打ち状態になりやすい壁解体や薄いフロアの解体には注意が必要である。また，地盤振動は低周波振動と予想されるので，構造物の共振の影響が懸念される。

その他，発破によるベンチ掘削を行った後の，ベンチ下方に残る「コブ」や「根」と呼ばれる未破砕部分を修正する作業では，油圧モータを回さないでアーム操作をすることで，リッパーアームの上下動により硬い部分を探ることができる。このような必要な部分だけを掘削する作業にも効果がある。

8. おわりに

当社では，ヨーロッパでの販売を先行し，性能と耐久性の確認を行ったのち，日本国内でのテスト稼働の結果を踏まえ，本年2月より正式販売を開始した所である。本装置エキセントリックリッパーは，従来技術と異なる発想で土と岩の端境域を狙って開発された製品であり，その独創的な機構と構造を紹介できる機会を有り難く感じています。今後は日本国内における作業実績を積み重ねて効果の実証を進めたいと考えています。

謝辞

最後に，本報告の掲載を快く承諾して頂いたGRADO CERO社代表で開発者のJavier Aracama氏に感謝の意を表します。

J C M A

《参考文献》

1) ARACAMA MARTINEZ DE LAHIDALGA JAVIER, HYDRAULIC RIPPER FOR EXCAVATOR, 国際特許番号 WO 2011/007030 A1, 2011/1/20
2) 戸部 憲吾, 革新的な破砕機「エキセントリックリッパー」, 建設機械, 581. Vol.49 No.7, 66ページ, 2013年7月
3) Xcentric Ripper International S.L. ウェブページ（http://www.xcentricripper.com/）

［筆者紹介］
戸部 憲吾（とべ けんご）
古河ロックドリル㈱
営業本部 営業企画部
部長

特集>>>　土工

油圧ショベルガイダンスシステムの仕組み

ロボテック機能を活用した作業支援機能

福　川　光　男

油圧ショベルの作業特性・構造に適応させた外部基準点からの位置情報とインプットされた設計データを基に，各種センサを用いた自己動作姿勢検出機構によりリアルタイムに動作姿勢を計測する，操作支援機構としての3D，2Dマシンガイダンスシステムの仕組みと活用事例を紹介する。
キーワード：2D・3D油圧ショベル制御，油圧ショベル操作ガイダンス，マシンガイダンスのアルゴリズムフロー

1. はじめに

情報化施工システムの一環として油圧ショベルの操作支援機構（ガイダンスシステム＝3D，2D-MG）が一部の施工現場で普及し始めてきている。しかし，油圧ショベルは土工用建設機械の中で圧倒的に使用台数の多い機種であるにも関わらず，ブルドーザやモータグレーダのマシンコントロール（自動制御）システムの装着率と比較して極端に少ない。また，何故，ブルドーザやモータグレーダのようにマシンコントロールシステムが装着できないのか？油圧ショベルの動作特性の観点から，ガイダンスシステムの仕組みを解説する。一方，油圧ショベルの作業特性の面から平面制御に特化して必要機能を抽出し，ロボテック機能により設定基準点からの作業点，計画線をモニタ上に明示させる使い勝手が良く，且つ，3次元システムに比べコストパフォーマンスの高い2次元ガイダンスシステムが注目されている。

2. 油圧ショベルの作業要領と操作手順

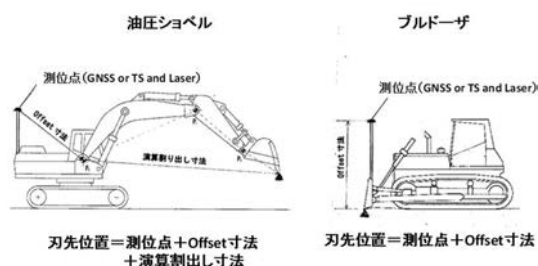
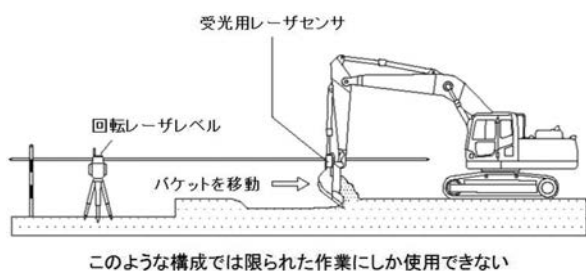
油圧ショベルは土工工事ばかりではなく，マニピュレータ機能を活かして，工種の異なる作業に適応した各種のエンドエフェクタ（アタッチメント）を装着した多機能機として活用されているが故に建設機械としての普及率が高いと考えられる。機械土工工事においてもブルドーザやモータグレーダとは異なり数種の作業にも適用出来る。主な作業は掘削，積込み，整形作業（法面など）であるが，反面マニピュレータ機能としての自由度も高く，積込み作業以外は予め設置された作業指標を目指しながらの人的操作によって行われるため，高い習熟度を要する（**写真―1**）。また，作業指標が少なければ操作判断に支障をきたし，多ければ手間もかかり作業の障害となりうる。

写真―1　作業用指標を目安として操作を行う

3. 何故油圧ショベルのマシンコントロール（自動化）は困難なのか？

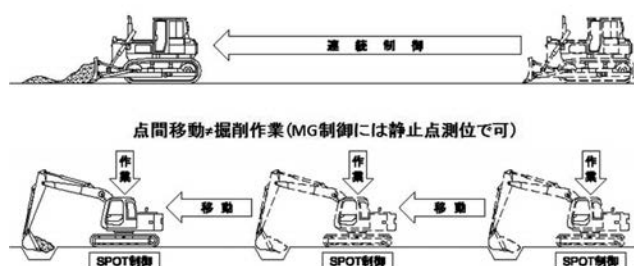
産業用ロボットの場合には移動機構がなく，対象となるWorkを移動しTool（Robot）との正確な相対位置を容易に確保することが可能である。一方，土工工事の場合にはWorkを移動することができないため移動機構が必要となり，作業機との相対位置を設定するためには外部定点からの測位情報が必要になる（**図―1**）。知りたい位置情報は作業装置先端がWork内に埋没されるため測位可能な箇所から間接的な算出となる。ブルドーザやモータグレーダは一直線上にオフセット点を取る事が可能であり比較的算出による測位

が容易である。さらに，レーザ光を回転させた水平基準をセンシングさせての倣い制御機構や衛星測位機能，光学測位機能を利用しての操作の自動化も可能になる。しかし，油圧ショベルの場合にはブーム，アーム，バケットの連結部分が屈曲するため，一直線上にoffset点を設けることが不可能であり，各種センサを使用しての演算処理による測位となる（**図—2**）。特異な例としてブルドーザと同様にバケット上部にレーザ受光器を取り付けて倣い制御させる方法もあるが用途が制限される（**図—3**）。さらに，負荷変動が小さく，許容負荷内で使用する産業ロボットとは異なり，対象材料，作業内容において負荷変動が大きく，時には衝撃荷重も受ける不規則な負荷変動に対して，可動部分の作業動作自由度が高い機構であるが故，構成部材の歪み，屈折接続部の嵌め合い精度状況などにより，高い測位精度を得ることが出来たとしても，作業装置の自動化に必要な正確な位置情報を得ることは不可能である。故に，作業環境，使用条件が整っている産業用ロボットのような自動制御機構を採用することは困難であるため，作業装置と作業計画ラインとの相対位置をキャビン内のモニタに明示させ，操作確認ガイダンスシステムとしての実用化に留まっている（**写真—2**）。

図—1 産業用ロボットとの比較

図—2 バケット位置検出には演算処理が必要

図—3 レーザレベル機構を用いたダイレクト制御

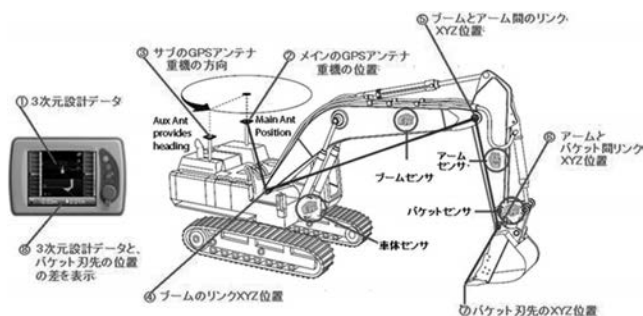
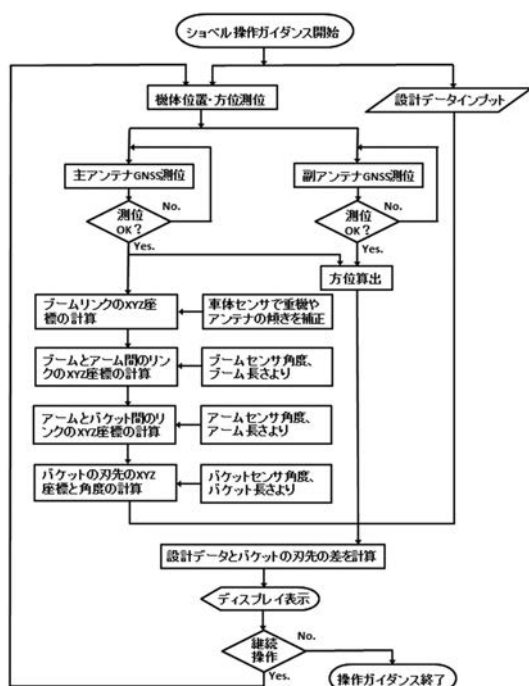
写真—2 油圧ショベルガイダンスモニタ

4. 油圧ショベルの作業動作特性：ブルドーザ，モータグレーダとの動作特性比較

ブルドーザやモータグレーダの作業は，作業装置（排土板，ブレードなど）をトラクタ機構により牽引して出来る移動軌跡により，所定の平面を形成させることによってなされる。故に移動＝作業となる連続作業であり，自動制御機構を採用する場合には連続した測位機能が必要となる。一方，油圧ショベルの作業は所定の作業対象箇所に作業装置をその都度移動させた後に移動を伴わないスタンディング状態での作業となる（**図—4**）。故に，衛星測位（GNSS）や光学測位（TS）によって予めインプットした3次元設計データにより作業位置に誘導する方法（3D-MG）と，設置された作業目安となる丁張りや高さ設定レーザ光などを基準として勾配や作業位置を定める（2D-MG）ことも可能である。作業位置が定まれば前述した方法でバケット刃先位置や勾配をモニタ上に明示させることができる。

図—4 ブルドーザと油圧ショベルの作業特性比較

5. 油圧ショベルマシンガイダンス（3D-MG）システムの動作フロー

ショベルの基本構造として作業中の基準点はブームのマスターピン（根元）となり，3D-MG システムではその座標を割り出すため，先ず衛星測位（GNSS）や光学測位（TS）により受信アンテナ（または受光ターゲット）の位置と方向を測位し，そこからマスターピンまでのオフセット量を演算により定める。次にマスターピンの位置が定まれば各作業リンクの角度と長さからバケット先端の位置と傾きが算出出来る。そして，予めインプットした設計データを参照することにより，モニタ上に描かれた設計ラインとバケットとの相関位置（動き）がリアルタイムに明示される。操作員はモニタからの操作支援情報を基に操作を行う。従って，システムの構成は，

①位置，方位測位機能
②屈折傾斜角計測と位置演算機能
③設計データとの参照機能
④操作情報表示機能，となる。

図―５　3D 油圧ショベルマシンガイダンスシステムの仕組み

図―６　3D 油圧ショベルマシンガイダンスシステムアルゴリズムフロー

システム構成の一例（**図― 5**）と操作アルゴリズムフローを示す（**図― 6**）。以上の機能により，バケットが土中，水中に埋没状態であっても設計線との相関位置をモニタ上で認知させることが可能なのである（**写真― 3**）。

写真―３　バケット水没状態とモニタ画面

6. 各部機能の仕組み

前述したように，このシステムは複数の機能によって構成されている。機能別にその仕組みを述べる。但し，衛星測位（GNSS）や光学測位（TS）の仕組みと設計デジタルデータに関する記述はこの章では省略する。

（1）機体の位置座標測位と方位測位機能

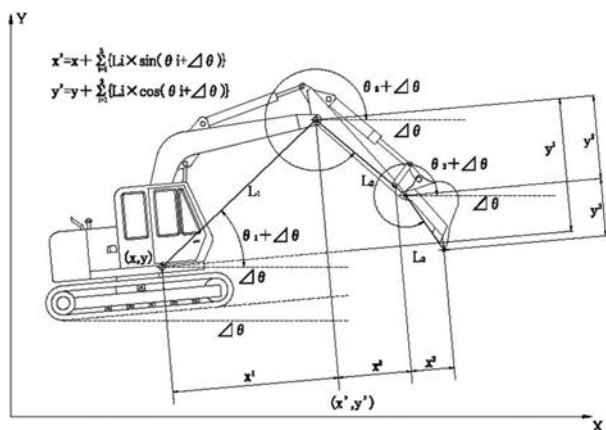
機体の方位はブルドーザなど作業に移動が伴う機種においては移動する方向の情報より認知させることができるが，ショベルの機構特性としては作業箇所に留まって作業を行うため，作業装置部分に旋回機能が付加されているので別途に方位測位をする機能が必要となる。そのため旋回体に取り付けられた位置測位用衛星受信アンテナに並行してもう一本別に受信アンテナを設置して両方の測位差より方位を割り出す仕組みを採用している（**写真― 4**）。また，位置測位アンテナを一本にしてジャイロコンパスを用いて方位を測位する機種もある（**写真― 5**）。

（2）ブームマスターピン位置からバケット刃先位置を検出する方法

測位機能により操作基準位置となるブームのマスターピン位置が計測され，次にそこからバケット先端の刃先位置は各リンクの可動ピン間距離とリンクの傾

写真─4　メイン受信アンテナとサブ受信アンテナ

写真─5　ジャイロコンパスポールと測位用受信アンテナ

斜角情報より，マニピュレータ部分の屈曲状況に応じてリアルタイムで演算される（図─7）。この機構により機体の姿勢を機体内部のセンサ情報のみで計測することが出来る。また，作業指標（丁張り）または基準高さレーザ受光位置から逆に機体の動作基準点となるブームのマスターピン位置を計測することができ，機体の移動ごとに設定をリセットすることで，2D-MG システムへの活用が可能となる。

図─7　ブームマスターピン位置からバケット先端位置算出方法

(3) 可動部角度計測方式

ショベルの作業マニピュレータ部分はブーム，アーム，バケットで構成されており，各リンクフレーム，及び機体の傾斜角は各種のセンサが用いられて計測されている（図─5）。

①傾斜センサ

各リンクフレームの傾斜角を計測するセンサとして，重力を基準とした傾斜センサが用いられる。この方式は機体の傾斜角も含めて計測することができる利点もある。しかし，作業中バケットが土中，水面下に埋没される工種ではセンサの取り付け位置に配慮が必要になる（写真─6）。

写真─6　バケット傾斜センサ取付状況

②角度センサ（エンコーダ）

エンコーダ式の角度センサはリンクフレームの屈折点に装着される。計測応答性が早く耐衝撃性を備える利点がある。しかし，屈折点のみの屈折角度を検測するため。機体設置時の傾斜角補正機構が必要となる（写真─7）。

写真─7　ブーム屈折角検出用エンコーダ

③シリンダリニアーセンサ

リンクを屈折させるための油圧シリンダにリニアセ

ンサを内蔵させ，シリンダストロークに応じた屈折角を検出させる機構もある。センサ部分が露出していないため保守性に優れている。しかし，検出精度はリンク接合箇所のピン嵌め合い精度が影響される。エンコーダ計測と同様に機体の傾斜角補正機構が必要となる（**写真— 8**）。

写真— 8 バケット屈折角検出用シリンダリニアセンサ

④本体（トラクター部）2 軸傾斜センサ

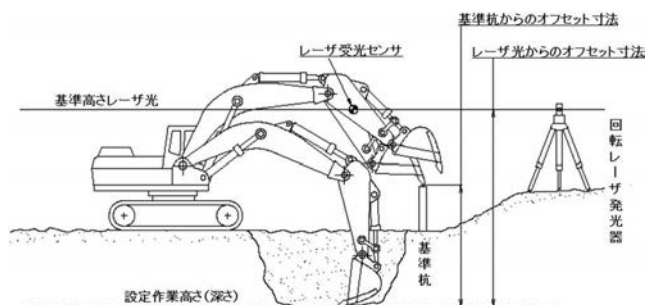
作業位置にセットされる機体は必ずしも水平な状態では無く，ショベルマニピュレータ部分を旋回させた場合には機体傾斜角に応じた補正が必要となる。そのため 2 軸傾斜センサを搭載する必要がある。機種によっては方位センサを組み込んだ 2 軸傾斜センサユニットが用いられている（**写真— 9**）。

写真— 9 方位＋ 2 軸傾斜センサユニット

（4）作業指示表示モニタ機構：音声アシストの必要性

測位，計測されたデータを演算し，操作支援ガイダンスのアウトプット情報として操作員に提示される。提示される方法は目視情報として操作座席前面に装着されたモニタ画面に数値，イラスト，電光表示（ライトバー）等のインジケータのみならず，操作員が作業装置の動きを確認するためにモニタを注視すること無く，聴覚情報としてパルス，連続音を組み合わせた信号音によってガイダンス情報を得ることが可能である。（カーナビゲーションシステムでも同様の機能が備わっている）今後，操作支援ガイダンス機構としてさらなる人的感覚機能を生かしたマン・マシンインターフェース機構の開発が求められるであろう。

7. 作業特性を生かした 2D システムの活用

衛星測位（GNSS）や光学測位（TS）を使用して，外部基準点から機体位置を測位し，予めインプットした 3 次元設計データを基に作業装置の操作をガイダンスする仕組みは 3D-MG としてシステムの概要を述べた。前述したように油圧ショベルの作業は移動を伴わないスタンディング状態で作業を行う。故に予め設置した作業目安となる指標（丁張り，回転レーザ基準）を用いてその都度作業位置をリセットする必要はあるが，煩わしい作業である数値データの作成をしなくとも，そこを作業基点として掘削目標値までのオフセット量，斜面整形作業の勾配など 2 次元情報をコントロールパネルに直接入力することができる（**図— 8**）。一方，バケットの動きは前述したように機体および各リンクのセンサからの傾斜角情報により，外部からの変位情報を使用することなく，マニピュレータ部分の姿勢状態を作業動作に合わせてリアルタイムにモニタ

図— 8 2D-MG 作業基準点オフセット要領

写真— 10 2D-MG システムを用いての法面整形作業

写真― 11 アームに取付けられたレーザ受光器

写真― 12 河床整備にレーザ基準システムを活用

上に表示させる事が可能である。このシステムを用いての法面整形作業では従来必要な作業目安となる丁張りの設置を大幅に省くことが可能である（**写真― 10**）。また，水平に回転させたレーザ光をブームに取り付けられたセンサ（**写真― 11**）で受光し，基準として掘削高を設定する工法は，レーザ光範囲内（直径約400 m）での基準高さリセット作業を容易にすることが出来，作業指標設置が困難な河川での維持管理作業（河床ざらいなど）の合理化に威力を発揮することができる（**写真― 12**）。さらに，前述した，ジャイロコンパスを利用した方位測位情報により，対象作業面にバケット面を並行にする事なくスイングバケットを装着することにより，機体移動頻度を少なくした効率の良い斜め作業が可能な機種も開発され実用化されている（**写真― 13**）。

写真― 13 スイングバケット機構を活用した法面整形作業

8. おわりに

土木建設業におけるICT技術活用は目覚しいものがある。厳しい自然環境，激しい衝撃，振動を受けざるを得ない環境下において測位，演算，記憶などの複雑な事項を高い信頼性のもとに実行することが出来る多種多様なハードウェアとソフトウェアが開発され，画期的な施工の合理化が実現している。しかし，ますます細分化，専門化する施工体制環境下において，果たしてその要素技術がフルに活用されているかいささかの疑問がある。

今回は油圧ショベルの機械特性の面から，油圧ショベル作業（工法）に適合する効果的な操作支援システムを選択する必要性について述べた。

謝辞

この度の執筆にあたって，ライカジオシステムズ㈱マシンコントロール事業部様，㈱トプコン様，㈱ニコン・トリンブル コンストラクション営業部様，宮城県㈱佐藤工務店様の貴重な資料提供，並びに説明用作図を作成して頂いた鹿島道路機械部機械センターの方々のご協力に深く感謝致します。

J C M A

[筆者紹介]
福川 光男（ふくかわ みつお）
㈲土木研究所
技術推進本部先端技術チーム
招聘研究員

自律飛行型 UAV（無人航空機）を利用した航空写真測量

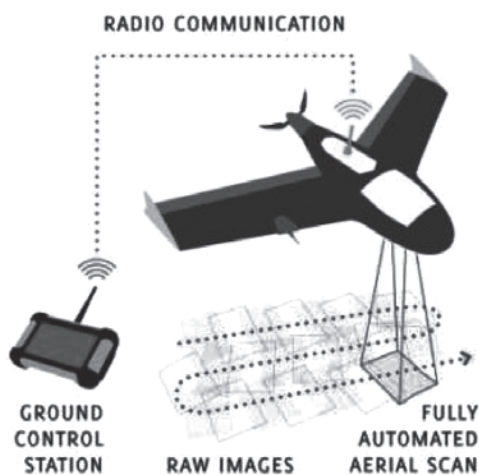
Gatewing X100 の紹介と建設分野での利用可能性

竹　添　明　生

日本は 1980 年代後半から農薬散布用の無人ヘリコプターの普及が始まり，現在では 2300 機以上の無人ヘリコプターが登録されている UAV（Unmanned Aerial Vehicle, 無人航空機）大国である。そんな中，近年，複数のメーカーから回転翼型・固定翼型の電動小型 UAV が発売されており，計測や測量，マッピング，モニタリング，調査等幅広い用途での利用が広がっている。本稿では Gatewing の写真測量・マッピング用 UAV X100 を紹介し，建設分野での UAV の利用可能性について提案を行う。

キーワード：無人航空機，自律飛行，航空測量，オルソ画像，DSM，現況調査，地形測量

1. はじめに

近年，電動小型 UAV（Unmanned Aerial Vehicle, 無人航空機）が複数メーカーから発売されており，様々な用途での利用が広がっている。電動小型 UAV を大まかに分類すると，回転翼型と固定翼型に分ける事が出来る。回転翼型は，垂直での離着陸や搭載センサーの変更が可能であること，ホバリングが可能である事等がその特長であり，固定翼型は，飛行速度が速い事，高度安定性が高い事，耐風性能が高い事等がその特長である。それぞれの特長を踏まえると，回転翼型は監視・観察・計測・調査用途に，固定翼型は広い面積を効率的に計測する用途に向いていると言える。

図― 1　Gatewing X100 システム概要

2. Gatewing X100 の概要

Gatewing X100 は固定翼型，自律飛行型の写真測量／マッピング用 UAV である。Gatewing X100 はフライトに必要なハードウェア，及びソフトウェアが全て揃ったパッケージシステムであり，フライトの計画から準備，自律飛行，データ処理までを行うシステムである。システムは X100 機体，GCS（地上局）で構成され，機体と GCS の間は無線で交信を行い，自律飛行のフライトモニタリングや簡単な操縦コマンドの送信を行う（**図― 1，2**）。Gatewing X100 の概要について**表― 1** に示す。

図― 2　Gatewing X100

表― 1　Gatewing X100 概要

重量	2.2 kg（バッテリー，カメラ搭載時）
サイズ	100 cm（ウィングスパン）
専用搭載カメラ	Ricoh 製 10 MP
飛行時間（バッテリー 1 個当たり）	45 分間
飛行速度	80 km/h

3. Gatwing X100 のフライト・オペレーション

Gatewing X100 のフライト・オペレーションは，大きく分けて，フライトエリアの事前調査，フライト実施計画の策定，フライト設定と準備，フライトの 4 つに分けられる。

(1) フライトエリアの事前調査

計測を予定しているエリアを事前に調査し，安全なフライトを実施するために**表―2** に示した事項について確認を行う。調査は簡易的に Google Earth 等を用いて実施することも可能であるが，出来れば現地調査を実施する事が望ましい。

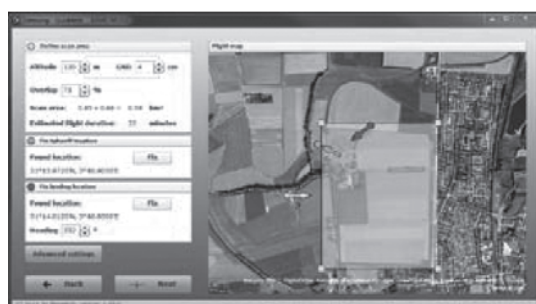
表―2 事前調査内容

撮影エリアの確認	当該エリアにおける地形等を確認し，フライトを妨げる障害物の有無を確認する。
離着陸エリアの確認	当該エリア付近に X100 の離着陸が可能な場所があるかを確認する。
GCP の確認	画像処理の際に GCP（Ground Control Point）として利用可能なものが撮影範囲に存在するかどうかを確認する。

(2) フライト実施計画

事前調査の結果を踏まえて，離着陸エリアを設定し，撮影エリアの面積からフライト回数を決定し，フライト実施計画を策定する。X100 は小雨や風速 18 m/s までの環境でも安全に飛行することが出来るが，天候情報や風速等について事前に調べておく。また画像処理に利用する GCP（Ground Controll Point）の設置の要不要，配置計画，必要に応じて測量計画も同時に策定する。

(3) 撮影エリアの設定

撮影エリアは QuickField（**図―3**）というソフト上で設定する。インターネット環境下で使用すると，背景に Google Map が表示され，この上で矩形を操作して撮影エリアを設定する。

図―3 QuickField ソフトウェア

(4) フライト高度／解像度／オーバラップ率の設定

QuickField ソフトウェアでフライト高度／地上解像度／オーバラップ率をそれぞれ設定する。フライト高度と地上解像度はリンクしており，フライト高度を 150 m に設定すると，地上解像度は自動的に 5 cm に設定される。オーバラップ率は UAV の進行方向に対する隣り合った画像同士の重なりの度合いを設定し，一般的には 80％程度とする。**表―3** にフライト高度と 1 回のフライトで撮影可能な面積（正方形を想定），オルソ画像の地上解像度の関係を示す。航空法との関係から高度 150 m 以上でフライトする場合には，当該エリアが民間航空機の航路外である事を確認しておく。

表―3 フライト高度と撮影範囲，地上解像度

フライト高度	撮影範囲	オルソ画像の地上解像度
100 m	0.64 km^2	3.33 cm
150 m	1.1 km^2	5.00 cm
200 m	1.44 km^2	6.67 cm
250 m	1.96 km^2	8.3 cm

(5) フライト準備

X100 機体やセンサー類の確認，ランチャー（発射台）の設置を実施する。同時に GCS（地上局）にインストールされている QuickField ソフトウェアを利用して，離陸地点，着陸地点を GCS に内蔵されている GPS を利用して設定し，風向きや離陸方向，着陸方向の設定を行う。これらは全てチェックリストと呼ばれるリストにまとめられ，リスト通りに手順を進めれば，安全に離陸出来るようになっている。またフライト実施計画で検討した GCP の設置作業や，測量作業をこの段階で実施しておく。

(6) フライト

フライトは事前に設定した撮影エリア，離着陸地点，方向，風向きから Horizon ソフトウェア（**図―4**）が

図―4 Horizon ソフトウェア

表— 4 フライト中に送信可能なコマンド

コマンド	内容
HOME	X100 が離陸地点の上空に帰還し，旋回待機
HOLD	X100 がその場で旋回待機
LAND	フライトを終了し，事前に設定した着陸地点に着陸
FTS	フライトを終了し，現在位置で螺旋降下後，緊急着陸

自動的にフライトパスを設定し，これに沿ってフライトが自動制御される。GCS と X100 は無線で交信し，GCS にインストールされた Horizon ソフトウェア上に X100 の現在位置や計器類のデータ，フライトパスが表示される。フライトは自動的に制御されるが，安全なフライトを確保するための機能として，Horizon 上に 4 つのコマンド／ボタンが用意され（**表— 4**），オペレータはこれらのコマンドを利用して，必要最低限の制御を行う事が出来る。

4．撮影方法とオルソ画像，DSM（Digital Surface Model）の作成

フライト終了後，機体に格納されているデジタルカメラの SD カードに保存されている撮影画像ファイル（**図— 5**）と，X100 の eBox に保存されているフライトデータ，GCP 位置座標データから，画像処理ソフトウェアを利用して，オルソ画像を生成させる。画像処理方法は，画画像処理サービスを利用した処理と，PC にインストールした画像処理ソフトウェアを利用する 2 通りの方法がある。

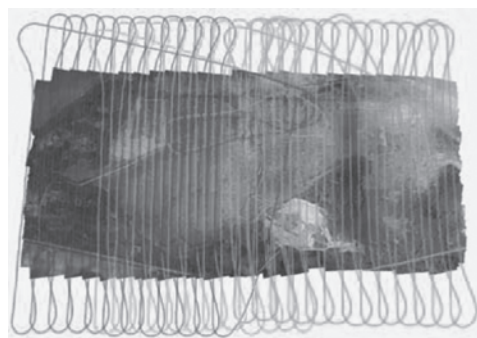
（1）画像処理サービス

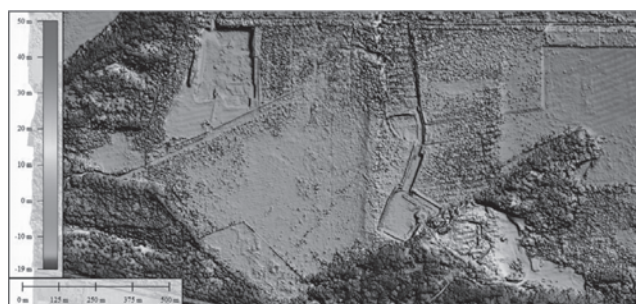
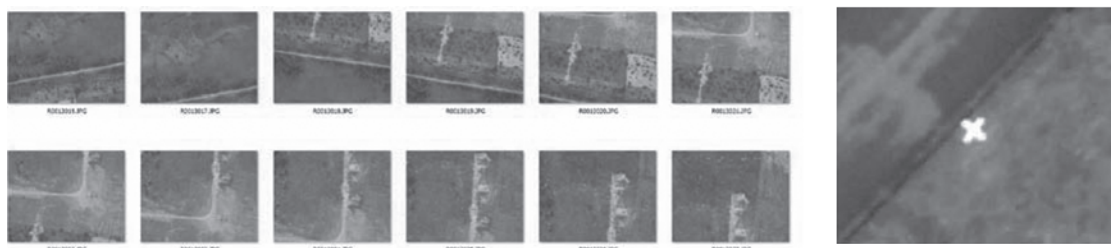
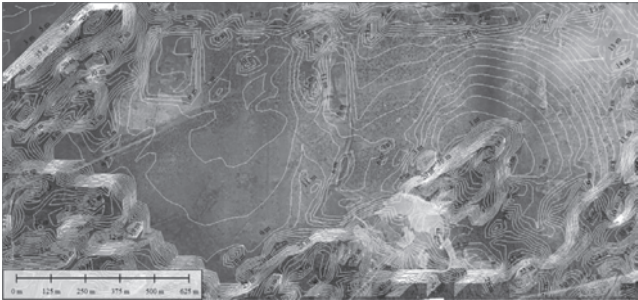
Gatewing では Gatewing Cloud という画像処理サービスを用意しており，撮影画像ファイルとログデータをインターネット経由で Cloud サーバーに送ると，サーバーで画像処理を行い，成果物としてオルソ画像，DSM データをダウンロードする事が出来る。サービスにはデータ量や成果物の解像度によって料金が設定されている。

（2）画像処理ソフトウェアを利用した画像処理

Gatewing X100 のデータは様々な画像処理ソフトウェアで処理を行う事が出来る。画像処理ソフトウェアは全自動処理のものから，半自動処理のものまで様々なものが存在する。

（3）成果物

「むつ小川原開発地区」にて Gatewing X100 を使って撮影した画像を Agisoft PhotoScan Professional ソフトウェアで処理したデータを**図— 7**（オルソ画像），

図— 6 フライト概要

図— 7 オルソ画像

図— 8 DSM データ

図— 5 撮影画像と設置した GCP

図―9 オルソ画像＋等高線

表―5 フライト概要

	フライト①	フライト②	フライト③
飛行高度	150 m	150 m	150 m
飛行時間	30 分 05 秒	30 分 42 秒	32 分 42 秒
撮影画像枚数	680 枚	704 枚	741 枚
地上解像度（オルソ画像）	5 cm		

図―8（DSM データ）に示す。また生成された DSM データから作成した等高線図を**図―9**に示す。本サンプル画像は**図―6**に示すようなフライトで撮影されたものであり，対象エリアを 3 回のフライトで撮影した。フライトと撮影画像の概要を**表―5**に示す。

5. 精度と効率性について

Gatewing X100 を用いて地形計測をした場合に得られる精度と作業の効率性を，RTK GNSS を用いて計測を実施した場合との比較を行い確認したものを**表―6**に記載する。0.1 km^2 という計測対象面積においても X100 を用いた方が効率的であると言え，X100 を用いると，要求解像度にもよるが，最大 1.96 km^2 まで一回のフライトで計測が可能であるから，さらに大きな面積を対象とするとさらに効率性が上がる。また Gatewing X100 を用いる場合，一回の計測（フライト）が最大 45 分間であり，施工の進捗への影響も最小限にすることが出来るため，今後建設業界への普及，特に震災復興現場での調査などへの適用を積極的に働きかけて行きたいと考えている。

表―6 地形測量方法の比較

	Gatewing X100	RTK GNSS
計測対象面積	0.1 km^2	0.1 km^2
GCP 設置／測量	0.5 人日	−
計測	0.25 人日	9 人日
データ処理	3 人日	1 人日
総作業量	3.75 人日	10 人日
計測間隔	3.3 cm	300 cm
水平精度	3.3 cm	1 cm
垂直精度	10 cm	2 cm

JCMA

［筆者紹介］

竹添 明生（たけぞえ あきお）
ジオサーフ㈱
GIS/OEM ディビジョン
取締役 - ディビジョン・マネージャー

ずいそう

東日本大震災復興支援に向けて
水陸両用ブルドーザ修復プロジェクト

中川和行

2011年11月中，工場のトップに呼ばれ，福島県の南相馬にユーザ保有の，水陸両用ブルドーザが，保守整備を任せている整備工場にあるから調査に行くよう指示がありました。過去水陸両用ブルドーザの生産に関わった，車両検査・塗装・組立担当の私と3名で，11月16～17日で調査に出向きました。仙台空港から南相馬まで，車で移動時，海岸沿いの風景をみて，震災から8ヶ月経っているのに，至る所に瓦礫の山が延々と続いており，陸上でこの状態では，今回の大規模な津波による被害は，数百キロに及び，海中に流された機材・瓦礫等の処理には，莫大な年数を要すると思いながら，目的地に着き，実車の調査を行いました。

この機械は，1993年に生産した機械で，18年間稼働しており，塩水による腐食が著しく，車体のメインフレームなどの摩耗状態と，震災復興における稼働率を考慮すると，1年稼働できるかの状態であった。ユーザからは，震災復興で10年以上稼働できるよう要望がありました。調査結果とユーザの要望を工場トップに報告すると，直ぐに取りかかるよう指示を受け，管理部・購買部・生産部・品質保証部・設計と工場一丸で取り組む，水陸両用ブルドーザ修復プロジェクトを2012年1月に立上げ進める事になりました。当初ユーザから修復対象機械を6月に工場に納入してもらい，分解に入り，分解品の検査後新規部品に交換するか，再使用するか判断して進めようとしていましたが，ユーザからは，本格的復興事業が2012年10月頃から始まるので，それまでに機械の修復を終わって欲しいと依頼があったので分解調査後，悪いと解って発注していたら納期に間に合わないので，全部品を発注する事に決め，早速部品発注準備に取り掛かったのですが，図面は40年前のもので，生産が中止になって18年経っており，部品発注するシステムも現在と違い，発注するための部品表を一から作り直して発注にかかると，当時の発注メーカが潰れて無くなっていたり，部品が廃番になっている物，製作経験者がいないなどメーカ捜し，代替え部品捜しに駆け巡り，2月中，3,458点の部品発注を終えました。社内・外注メーカで，部品製作に取り掛かりましたが，鋳造部品の型は既に廃却されており，型から作り直し，多くのメーカから辞退された部品で，エンジン給排気管のダクトは長さ5mが四分割されており，材質はステンレスで，内筒の内部溶接は，バチスタ手術のようなイメージトレーニングを半日掛けて実施後，熱を加えると歪みが大きくなる為，時間をかけて歪みを抑えたステンレス溶接を成し遂げ，溶接完了後，ダクトが上下に可動する部位の，内径に加工困難な潤滑用油溝加工があり，加工メーカの超ベテラン作業者が，3日間掛けてマシニングセンタ用のNCプログラムを作成し，作り上げました。発注した部品が，6月初め頃から納入されてきだしたのと同時期に，改修用の機械がユーザより工場に送られてきたので，分解に入りましたが，傷みが酷く，ボルトの頭は摩耗して工具が滑り，外れないボルトはガス切断したり，分解作業も予想外に時間を費やしました。

新しく出来あがった部品で海水に浸かる部品600点は全て耐海水塗装を施し，下塗り（ジンクねずみ色）中塗り（プライマ赤色）上塗り塗装（緑色）の三層塗りとなっており，一層塗る毎に丸一日乾かす必要があり，塗装工程でも大変手間がかかりました。組立途上に於いても，代替え部品が相手部品と合わないという問題が発生し，都度修正を加えながら，9月15日組立が完了し，性能確認調整を行い，水密テストを実施するのですが，水密テスト用の水槽も埋め立てられて無くなっており，気密性の確認を行うのに，エンジンルーム内へエアーを入れ内圧をかけ，車体全体にリーク確認スプレーをかけ，溶接部，部品どうしの合わせ面の洩れ箇所捜しと洩れ箇所の修復に，思った以上の時間を費やしたが，ユーザとの約束の期間内に修復が終わり，10月5日宮城県磯浜漁港へ出荷し，現地組立を行い，海中テストを実施し無事ユーザに機械を納める事ができました。プロジェクトを通じて，多くの部門関係会社を含め，熟練技能者の技能と知識を若い人に伝えられたことが大きな成果として残りました。今回納めた水陸両用ブルドーザは，99％新しい部品に修復され，後20年は稼働し続け，震災復興に寄与する事を願っています。

――なかがわ　かずゆき　コマツ　大阪工場　生産部　工師正――

ずいそう

万年筆にもビタミンC

髙津知司

今，万年筆が付録の雑誌，万年筆専門誌の充実など万年筆が静かなブームであると耳にしました。私の世代では，コマーシャルソング，流行語等の思い出があります。当時は万年筆が大人へのパスポートであり，憧れの文房具でした。皆さんにも万年筆に関する思い出はありませんか？

私と万年筆との最初の出会いは，学習雑誌の付録でした。そのときの万年筆はすぐに使い物にならなくなったことを覚えています。次の出会いは，高校入学祝いです。この万年筆は，ニブ（ペン先のことです）が細字で細かな文字が書きやすく，時々ペンクリニックでオーバーホールしていただき，今でも第一線で使っています。三度目の出会いは，私が公園事務所長に就任するときです。予定価を書くために，松本清張，柴田錬三郎，北方謙三，開高健と多くの文豪も愛用したといわれる最高峰モデルを購入しました（自分へのご褒美でもありました）。勿論，今でも愛用しています。ペンクリニックの紹介をしますが，これはペンメーカー，輸入協会，大手文具店等が年数回開催するイベントで，店頭やHPで告知されます。ペンクリニックで万年筆を自分用に調整してもらうと，格段に書きやすくなります。また，好みのインクを調合してもらえる人気イベントもあります。

ここで，万年筆の分類について少しおさらいしてみたいと思います。ニブの太さによる分類からです。ニブは細字（EF，F，MF等），中字（M），太字（B，OB等），ミュージック，カリグラフと数多くあります。日本製のペンは画数の多い漢字を書くために，輸入品に比べて同じ太さ表記でも少し細目です。ニブの材質による分類は，スチールと金で，14Kのように金含有量でさらに分類されます。金ニブの先端部分は硬いイリジウム合金ですが本体はしなやかなので，あの独特な書き味が生まれます。次はインクの補充方法による分類で，カートリッジ式と吸引式に分けられます。カートリッジ式にコンバーターを取り付け吸引式で使える両用と呼ばれるタイプが，今は主流です。吸引式もピストン方式をはじめ多種存在します。吸引方式や両用の良いところは，多種多様のインクが使えるところです。カートリッジにはヨーロッパ規格があり輸入品の間ではある程度の互換性はありますが，国内の主要メーカーは独自規格で互換性はありません。

次に，万年筆で重要なインクについてもおさらいしておきます。インクは大きく分けて，古典系，染料系そして顔料系に分類されます。昔はあの錆びた鉄の臭いがする古典系インクが主流でした。このインクは無色透明で，溶けている酸化鉄がさらに酸化することで黒く変色します。透明なインクでは書き辛いので適量のブルーの染料系インクを混ぜています。このため，書いた時はブルーで時間がたつと黒に変色し，ブルーブラックと呼ばれるようになりました。現在では，青系と黒の染料インクを混合したブルーブラックが主流になったので，古典ブルーブラックとも呼ばれています。古典系は強い酸性なので，ニブに金が使われるようになったと言われています。このインクは安価なスチールニブのペンには推奨されない，中で固まると分解対応になる等の理由で，現在では数種類しか販売されていません。一方，染料系インクは水溶性で扱いやすく，多彩な色が混合できるので近年主流になっています。また，顔料系インクは墨のようなインクで，ペンの中で固まると分解対応になるため倦厭されていましたが，粒子が非常に細かいインクが発売され，保存性や筆記性が良いので人気が出ています。

古典系のインクは，こまめなメンテナンスの必要性が唯一の欠点と思っています。しかし，アスコルビン酸で洗浄すればペンの中の固形物（滓）を容易に溶かすことができることが雑誌で取り上げられたため，古典系インクも扱いやすくなりました。そのためか，大手文具店で輸入の古典系インクを目にするようになりました。また，自ら調合した古典系インクを配布する方も現れました。ところで，アスコルビン酸という名前から特殊な薬品のように聞こえますが，「ビタミンC」のことです。粉末が使いやすく，薬局に行けば簡単に入手できます。万年筆にもビタミンCが有効です。

皆さんも，机の引き出しに眠っている，古典インクを使ってたであろう思い出の万年筆を発掘してください。そして，ビタミンCを溶かして作った洗浄液（私は水100 ccに1 gの溶液を使用）に一晩入浴させ滓（疲れ）をとってやって，現役復帰させてください（ただし，自己責任でお願いします）。万年筆はメンテナンスを欠かさなければ何十年も使用可能で，使えば使うほど手に馴染み手放なせない筆記具になると思います。

——たかつ ともじ 本州四国連絡高速道路㈱，茨城大学非常勤講師——

CMI 報告

油圧ショベルの施工方法改善による燃費削減効果の検証

佐藤　充弘・稲葉　友喜人

1. はじめに

国土交通省では，建設機械の省エネ施策（建設機械の燃費向上）について，建設機械ユーザが省エネ効果を定量的に判断できるように，統一した燃費試験方法による燃費基準値を定めて，この基準値を達成する建設機械の認定制度を平成25年4月に発足させた。

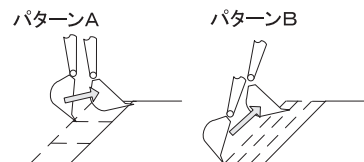
一方で，建設施工において，施工方法の改善による省燃費化も有効である。省燃費施工方法は，平成15年度に「建設施工における地球温暖化対策の手引き」（以下,「手引き」という。）及び手引きに準拠した「省エネ運転マニュアル」が一般社団法人日本建設機械施工協会より発刊されている。

そこで，施工方法の改善による燃費削減効果を定量的に把握することを目的に，国土交通省総合政策局公共事業企画調整課の委託を受けて，施工技術総合研究所が実施した各種施工方法の違いによる実測燃料消費量の比較結果について報告するものである。

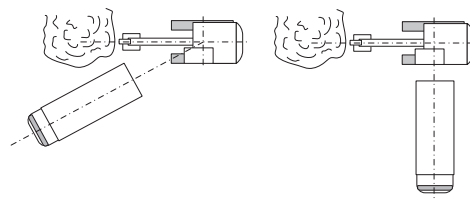
2. 比較する施工方法

比較する施工方法は，手引きを参考に，燃費の良い動作条件とその対比条件で設定した。

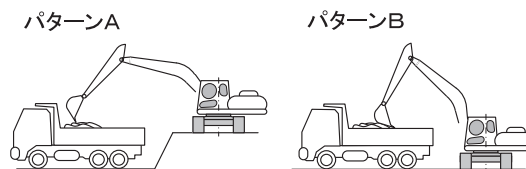
(1) 掘削動作比較

掘削するときは，浅いほうから掘削したほうが燃費が良いとされているため，3段に分けて上から掘削するパターンA及び3回すべて同一の掘削深さ位置から掘削するパターンBで比較した（図―1）。

図―1　掘削動作の施工比較パターン

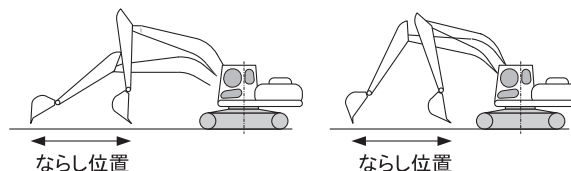
(2) 旋回角度比較

ダンプトラックへの積込みでは，旋回角度をできるだけ小さくなるように配置したほうが燃費が良いとされているため，旋回角度を変えたパターンで比較した（図―2）。

図―2　旋回角度の施工比較パターン

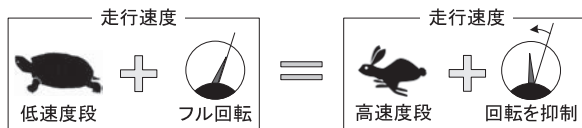
(3) 積込み高さ比較

ダンプトラックのベッセル高さは油圧ショベルの配置高さと同程度に配置したほうが燃費が良いとされているため，ベッセル高さを油圧ショベルの配置高さと同程度のパターンA及びダンプトラックの配置面が油圧ショベルの配置面と同一のパターンBで比較した（図―3）。

図―3　積込み高さの施工比較パターン

(4) ならし位置比較

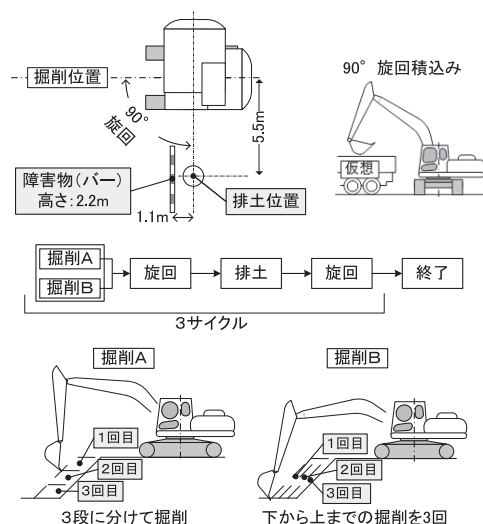
ならし作業時のならし位置について，燃費が良い位置を把握するために,燃費試験規格JCMAS H 020（土工機械―油圧ショベルの燃料消費量―試験方法）に則った「ならし動作試験」でのならし位置（ならし始め位置が最遠方）を基本として，ならし位置を変えたパターンで比較した（図―4）。

図―4　ならし位置の施工比較パターン

（5）走行方法比較

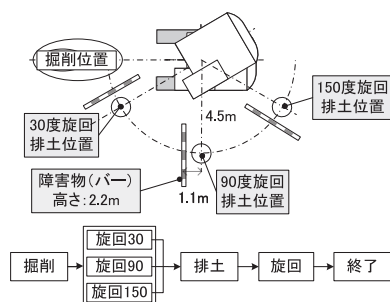
油圧ショベルの走行速度段は，一般的に低速度・高速度段がある。走行方法の比較では，低速度段エンジン最高回転での走行速度を基本として，高速度段時に同等の走行速度になるようにエンジン回転を調速したパターンで比較した（**図— 5**）。

図— 5 走行方法の施工比較パターン

3. 試験方法

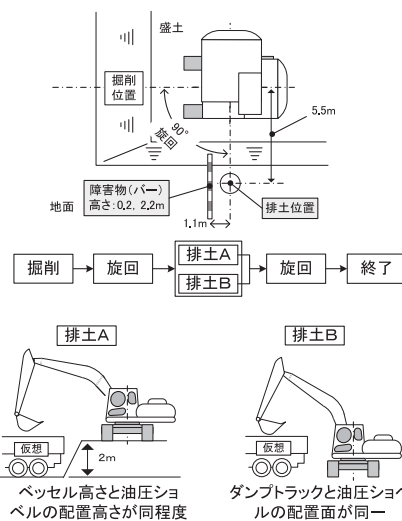
（1）掘削動作比較試験

掘削動作比較試験は，約 2 m 深さの地山掘削後 90 度旋回してダンプトラックに排土する動作を想定した試験とした（**図— 6**）。

図— 6 掘削動作比較試験方法

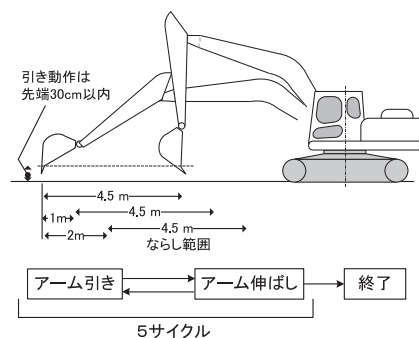
（2）旋回角度比較試験

旋回角度比較試験は，ルーズ土掘削後，旋回角度を 30 度，90 度，150 度に変えてダンプトラックに排土する動作を想定した試験とした（**図— 7**）。

図— 7 旋回角度比較試験方法

（3）積込み高さ比較試験

積込み高さ比較試験は，ルーズ土掘削後 90 度旋回してダンプトラックと油圧ショベルの高さを変えて排土する動作を想定した試験とした（**図— 8**）。

図— 8 積込み高さ比較試験方法

（4）ならし位置比較試験

ならし位置比較試験は，ならし始め位置が車両から最遠方，1 m 手前，2 m 手前で何れも 4.5 m の距離をならす動作を想定した試験とした（**図— 9**）。

図— 9 ならし位置比較試験方法

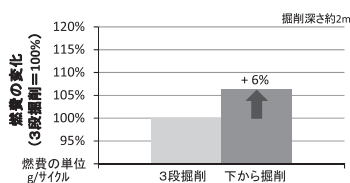
（5）走行方法比較試験

走行方法比較試験は，低速度段エンジン回転フルスロットル条件での走行速度に対して，高速度段時に同等の走行速度となるようにエンジン回転を調速した試験とし，平坦なアスファルト舗装路で走行距離は 25 m，走行燃費は往路と復路の平均とした。

4. 試験結果

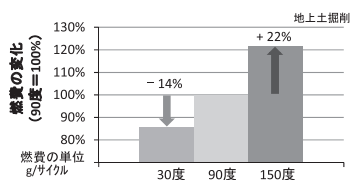
（1）掘削動作

深さ 2 m を掘削した事例として，上から 3 段に分けて掘削した場合に対して，下から上までの掘削を 3 回行っ

た場合，燃費（g/ サイクル）が 6%増加した（図― 10）。

図― 10 掘削方法の違いと燃費の関係

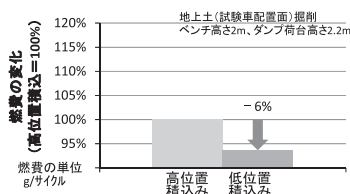
従って，掘削を行う場合は，上から順番に掘削することで省燃費化を図ることができる。

(2) 旋回角度

旋回角度 30 度，90 度，150 度に変えて掘削積込みを行った事例では，90 度旋回から 30 度旋回に変えた場合，燃費（g/ サイクル）が 14％減少した。また，90 度旋回から 150 度旋回に変えた場合，燃費（g/ サイクル）が 22％増加した（図― 11）。

図― 11 旋回角度の違いと燃費の関係

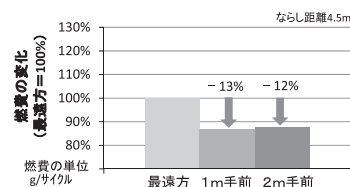
従って，ダンプトラックに積込む際は，ダンプトラックを掘削箇所に近づけて出来るだけ旋回角度を小さくすることで省燃費化を図ることができる。

(3) 積込み高さ

油圧ショベルをダンプトラックの荷台高さ程度に配置した事例では，ダンプトラックを油圧ショベルと同一面に配置した場合と比較して燃費（g/ サイクル）が 6％減少した（図― 12）。

図― 12 積込み高さの違いと燃費の関係

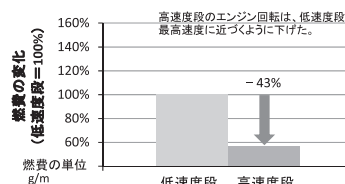
従って，ダンプトラックに積込む際は，積込み高さを低くして掘削積込みを行うことで省燃費化を図ることができる。

(4) ならし位置比較試験

ならし位置を変えてならしを行った事例では，最遠方からならし始めた場合と比較して最遠方 1 m 手前からならし始めた場合に燃費（g/ サイクル）が 13％減少した（図― 13）。

図― 13 ならし位置の違いと燃費の関係

従って，ならしは，最遠方の 1 m 手前からならし始めることで省燃費化を図ることができる。

(5) 走行方法比較試験

高速度段にしてエンジン回転を抑えて走行した事例では，低速度段エンジン最高回転で走行した場合と比較して燃費（g/m）が 43％減少した（図― 14）。

図― 14 走行方法の違いと燃費の関係

従って，走行は，高速度段にしてエンジン回転を抑えることで省燃費化を図ることができる。

5. おわりに

本報告は，20 t クラスの油圧ショベル 1 メーカの燃費削減効果を検証した結果である。今後は，複数メーカ及び複数クラスの燃費削減効果を検証することで，効果の信頼性向上とともに，施工現場における燃費削減効果の定量評価が可能になるものと考えている。

J C M A

[筆者紹介]

佐藤 充弘（さとう みつひろ）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第四部
主任研究員

稲葉 友喜人（いなば ゆきと）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第四部
技術課長

建設機械施工技術・建設技術審査証明報告

審査証明依頼者：あおみ建設株式会社，株式会社エステック，
三信建設工業株式会社，三和土質基礎株式会社，
株式会社新光組，新日本グラウト工業株式会社，
株式会社トーメック，東洋産業株式会社，
道路工業株式会社，株式会社富士建，
松尾建設株式会社，株式会社ミヤマ工業

技術の名称：WILL 工法（スラリー揺動攪拌工法）

上記の技術について（一社）日本建設機械施工協会建設技術審査証明事業（建設機械施工技術）実施要領に基づき審査を行い，建設技術審査証明書を発行した。以下は，同証明書に付属する建設技術審査証明報告書の概要である。

1. 審査証明対象技術

WILL 工法は，攪拌装置の先端からスラリー状の固化材を注入しながら，原位置土と固化材を特殊な専用攪拌翼（リボンスクリュー型攪拌翼）を縦回転させることにより強制的に攪拌混合し，深度 10 m まで対応可能な中層混合処理工法である。施工機はバックホウ型ベースマシンであることから，小型で機動性に富みベースマシンと攪拌装置の組立・分解が熟練工を要さず各々半日以内でできる。また，機械移動に要する時間も短縮されるため，従来の大型三点式機械に比べ施工効率が向上するとともに，転倒に対する安定性も高い工法である。

本工法は，形状が斜めのリボンスクリュー型攪拌翼を用いて改良土を上下左右に揺さぶるように攪拌混合すること（揺動攪拌）で，所定の強度を有し均一性の高い改良体の構築が可能である。また，対象土質に応じて T 型攪拌翼と箱型攪拌翼の 2 種類を使い分けることで幅広い土質に対応可能である。これまで締まった砂質地盤等においては，攪拌装置直下の掘削ができず貫入が困難であったが，特殊掘削補助装置（ブーメランプレート）を装着することでこの問題を解消し，N 値 40 未満の締まった砂質土地盤・砂礫地盤にも対応可能とした。

改良体の品質および出来形確保のための専用管理装置は，「深度・瞬時流量・積算流量・回転速度・積算回転数・攪拌装置掘削角度・攪拌翼の軌跡および連続攪拌時間」をリアルタイムで管理することができる。また，既改良部と未改良部とに色分け表示する攪拌翼軌跡のナビゲーションシステムにより，さらなる品質管理の信頼性向上を図ることを可能にした。

固化材はスラリー状で，かつ，高圧噴射やエア噴射を伴わない低圧注入を標準としていることから，粉塵の飛散・周辺地盤の変位・地下水等への影響が低減される。また，攪拌翼が先端部に装着されていることやベースマシンに小型機を用いることから，改良時の騒音・振動についても軽減される環境負荷低減型工法である。

2. 開発の趣旨

近年，軟弱地盤上の道路盛土工事や河川改修工事および液状化対策工事等において，深層混合処理工法が採用されることが多くなった。中には改良対象地盤が 10 m 程度までの中層域を対象とした比較的浅いケースも少なくなく，経済性の追求，施工性の向上および環境配慮の観点等から地盤改良機の小型化と性能向上が求められている。

本工法は，バックホウ型ベースマシンに取り付けた攪拌装置の先端よりスラリー状の固化材を注入しながら原位置土と固化材を強制的に攪拌混合し，均一性の高い改良体を造成する中層混合処理工法として開発したものである。揺動攪拌機構をもつ縦回転のリボンスクリュー型攪拌翼と特殊掘削補助装置（ブーメランプレート）および専用管理装置を駆使することで，粘性

写真―1 WILL 工法施工機全景

土から締まった砂質土地盤・砂礫地盤まで多様な軟弱地盤に対して所定の強度を有する矩形改良体を造成できる。**写真―1**に施工機全景を示す。

本工法の特徴は下記のとおりである。

①改良土を上下左右に揺さぶるように攪拌混合（揺動攪拌）するリボンスクリュー型ロータリー攪拌翼（**写真―2，3参照**）を有する。

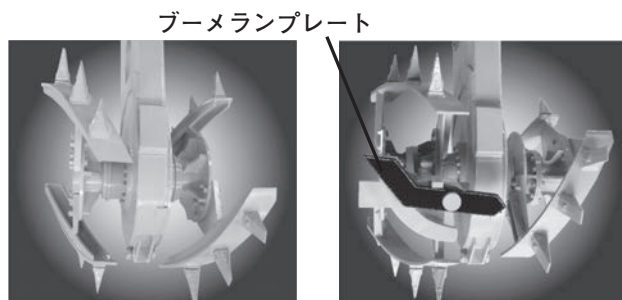
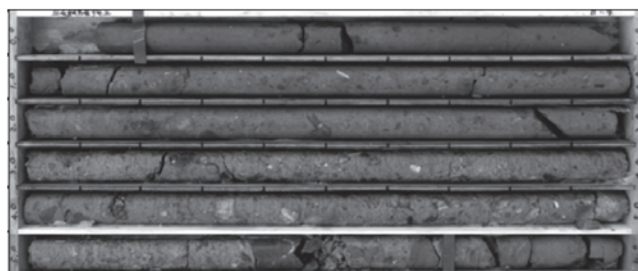
ブーメランプレート

写真―2 T型リボンタイプ

写真３ 箱型リボンタイプ（ブーメランプレート装着）

②高トルク仕様と特殊掘削補助装置（ブーメランプレート）を装着することで攪拌装置直下の掘削ができ，N値40未満の締まった砂質土やφ100 mm程度の礫混じり土についても対応できる。**写真―4**に改良体の全長コア写真を示す。

写真―4 改良体の全長コア（礫混入）

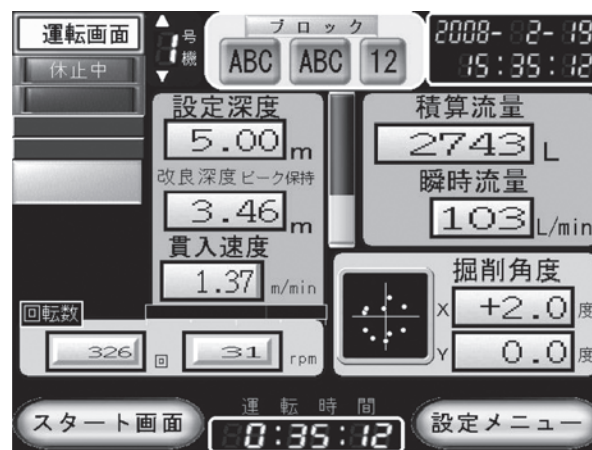
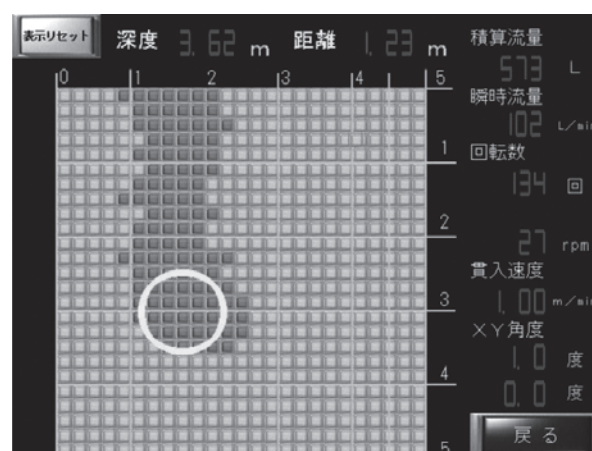
③施工機本体はバックホウ型ベースマシンであるため機動性に優れる。このため，狭隘な箇所での施工や傾斜地への搬入および施工ができる。また，転倒に対する安定性も高い。

④中層（深度10 m程度）までの均質かつ改良体底部が平坦な矩形改良体が造成できる。

⑤深度・瞬時流量・積算流量・回転速度・積算回転数・攪拌装置掘削角度（**写真―5参照**）・攪拌翼の軌跡および連続攪拌時間（**写真―6参照**）をリアルタイムで施工管理できる。

⑥攪拌翼が先端部にのみ装着されているため，斜め施工や障害物（切梁やタイロッド等）を避けての施工が可能である（**写真―7参照**）。また，地上部への泥はねやセメントミルクの飛散が少ない。

⑦小型機械であるため，大型三点式機械に比べ改良機の騒音・振動が軽減される。

⑧スラリーを低圧注入しながら縦攪拌させることから，周辺地

写真―5 WILL 管理装置画面表示例（1）

写真―6 WILL 管理装置画面表示（2）

写真―7 切梁直下の斜め施工状況

表―1 施工深度および適用土質

ベースマシン	最大改良深度	適用土質	
		粘性土	砂質土・砂礫※1
0.8 m^3 クラス	5.0 m	N＜10	N＜30
1.0 m^3 クラス	6.0 m	N＜10	N＜30
1.4 m^3 クラス	8.0 m	N＜15	N＜40
	10.0 m※2	N＜10	N＜30

※1 砂礫はφ100 mm以下を標準とするが，礫率等を考慮する必要あり。

※2 改良深度8 m以上については現場条件を考慮する必要あり。

盤に与える変位や地下水等への影響は小さい。

⑨バックホウ型ベースマシンの油圧を利用して，現場内においてベースマシンと攪拌装置の組立・分解を各々半日以内でできる。

3. 開発の目標

①リボンスクリュー型攪拌翼を用いることで，粘性土および砂質土を代表土質とする軟弱地盤において，所定の強度を有する深さ 10 m までの矩形改良体を造成でき，かつ，改良体底部を平坦にできること。

②攪拌翼に特殊掘削補助装置（ブーメランプレート）を装着することで，攪拌翼が届かない攪拌装置直下の掘削ができ，N 値 40 未満の締まった砂質土や ϕ 100 mm 程度の礫混じり土についても対応ができること。

③専用管理装置を用いて深度・瞬時流量・積算流量・回転速度・積算回転数・攪拌装置掘削角度・攪拌翼の軌跡および連続攪拌時間をリアルタイムで計測管理できること。

④現場内において，ベースマシンと攪拌装置の組立・分解を各々半日以内でできること。

4. 審査証明の方法

各々の開発目標に対し，実施工結果および立会試験結果により，**表—2** に示す各審査項目について確認した。

5. 審査証明の前提

①「WILL 工法」は，所定の適用条件のもとで適正な材料・機械を用いて施工されるものとする。

②「WILL 工法」に用いる装置は，適正な品質のもとに製造され，必要な点検，整備を行い，正常な状態で使用されるものとする。

③「WILL 工法」は，審査証明依頼者によるブロック状改良を構築するための適正な施工管理のもとに施工および機械操作が行われるものとする。

6. 審査証明の範囲

審査証明は，依頼者より提出された開発の趣旨，開発の目標に対して設定した確認方法に基づき，性能を確認した範囲とする。

表—2　開発目標と確認方法

【開発目標】	【審査項目】	【目標達成の確認方法】
(1) リボンスクリュー型攪拌翼を用いることで，粘性土および砂質土を代表土質とする軟弱地盤において，所定の強度を有する深さ 10 m までの矩形改良体を造成でき，かつ，改良体底部を平坦にできること。	①改良体のコア採取率 ②改良体の一軸圧縮強度 ③改良深度（10 m） ④改良体形状	①全長ボーリングにおけるコア採取率を確認する。 ②深度方向の全長ボーリングコアおよび水平方向の供試体を採取し，25 本以上の供試体について一軸圧縮試験を行い，所定の強度を確認する。 ③全長コアボーリングによって改良深度を確認する。 ④掘り出した改良体が矩形であること，かつ，改良体底部が平坦であることを確認する。
(2) 攪拌翼に特殊掘削補助装置（ブーメランプレート）を装着することで，攪拌翼が届かない攪拌装置直下の掘削ができ，N 値 40 未満の締まった砂質土や ϕ 100 mm 程度の礫混じり土についても対応ができること。	①ブーメランプレートによる掘削貫入能力強化 ②礫混じり土の全長コアボーリング	①ブーメランプレートの装着時と未装着時の掘削貫入深度を比較するとともに，装着時に N 値 40 未満の土質に貫入可能であることを確認する。 ②全長ボーリングコア等により貫入深度および礫の混入状況を確認する。
(3) 専用管理装置を用いて深度・瞬時流量・積算流量・回転速度・積算回転数・攪拌装置掘削角度・攪拌翼の軌跡および連続攪拌時間をリアルタイムで計測管理できること。	①管理装置の表示と実測値の一致 ②管理装置の出力記録	①改良機そばで実施した改良深度検尺と管理装置の表示，改良機側の注入管より吐出された瞬時流量，目視による攪拌翼の回転速度・攪拌装置掘削角度・攪拌翼の軌跡および連続攪拌時間の各々の値が管理装置の表示と一致することを確認する。 ②出力された記録チャートの改良深度・攪拌翼の積算回転数・スラリー積算流量の実測値が設定値を満足することを確認する。
(4) 現場内において，ベースマシンと攪拌装置の組立・分解を各々半日以内でできること。	①ベースマシンと攪拌装置の組立・分解時間	①ベースマシンと攪拌装置の組立･分解時間を計測し，各々半日以内でできることを確認する。

7. 審査証明の結果

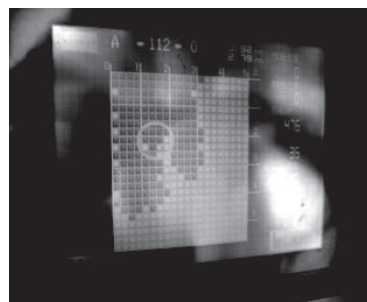
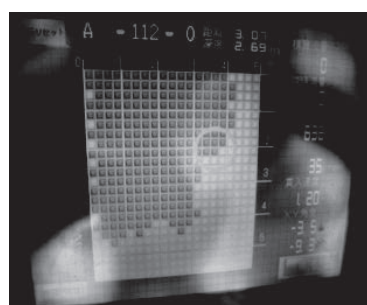
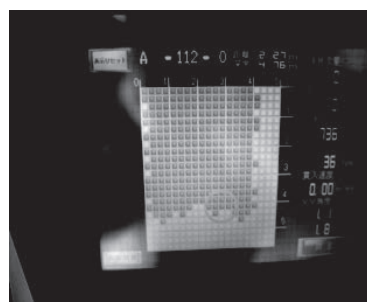
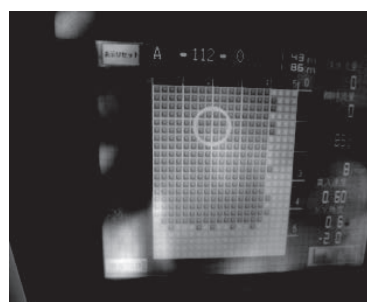
①リボンスクリュー型攪拌翼を用いることで，粘性土および砂質土を代表土質とする軟弱地盤において，所定の強度を有する深さ 10 m までの矩形改良体を造成でき，かつ，改良体底部が平坦にできることが確認された。
②攪拌翼に特殊掘削補助装置（ブーメランプレート）を装着することで，攪拌翼が届かない攪拌装置直下の掘削ができ，N 値 40 未満の締まった砂質土や ϕ 100 mm 程度の礫混じり土についても対応ができることが確認された。
③専用管理装置を用いて深度・瞬時流量・積算流量・回転速度・積算回転数・攪拌装置掘削角度・攪拌翼の軌跡および連続攪拌時間をリアルタイムで計測管理できることが確認された。
④現場内において，ベースマシンと攪拌装置の組立･分解を各々半日以内でできることが確認された。

8. 留意事項および付言

①本工法の実施に当たっては，地盤条件・施工条件を十分に検討し，既存の法律，要領，指針等に従い適切な設計，施工，施工管理を実施すること。
②審査証明報告書の参考資料（WILL 工法施工マニュアル等）は審査証明の対象外である。

9. 追記事項

立会試験現場において地中内の攪拌翼の軌跡がナビゲーションシステムにより表示されることを確認した際の管理装置画面の表示例を**写真**─ 8 に示す。

1 本目から離した位置に
2 本目を貫入

1 本目と 2 本目の間に
3 本目を貫入

3 本目に沿わせ 4 本目を貫入

底部を平坦に

完　了

写真─ 8　ナビゲーションシステムによる攪拌翼の軌跡

部 会 報 告

ISO/IEC 国際会議（2013 年 7 月，英国）報告 ISO/TC 127/SC 1/WG 8 （ISO 17253 土工機械及びテレハンドラ─公道走行を意図する機械の設計要求事項）国際作業グループ会議

標準部会 小倉 公彦（JCMA）

1. 開催地：英国ロンドン BSI（英国規格協会）502 会議室

2. 開催日：平成 25 年 7 月 1 日，2 日（午前中）

3. 出席者：

英国 2：Mr. BAKER（JCB），Mr. ANDREWS（Caterpillar）

米国 3：Mr. WEIRES（JohnDeere），Dr. ROLEY（Caterpillar，7/1 のみ），Mr. CROWELL（Caterpillar，豪州より電話会議で参加）

独国 1：Mr. GROER（コマツ）

仏国 1：Mr. CAULIER（Doosan Bobcat，7/1 のみ）

日本 1：小倉（協会） 計 8 名出席

WG コンビナー(主査)兼 PL(プロジェクトリーダ)：英国 Mr. BAKER（JCB）

写真─ 1 ISO/TC 127/SC 1/WG 8 会議出席者（仏国，米国，独国，英国）

4. 主要議題，議決事項，特に問題となった点及び今後の対応についての所見：

4.1 背景及び経緯

土工機械の公道走行における要求事項で，欧州各国規制をベースとする EN 15573 に基づくが，規格案名称の様に「公道走行を意図する機械の設計要求事項」とされ，適用範囲にテレハンドラ（可変リーチ式不整地用フォークリフト，国内での使用例は稀有）も含んでいる。

自動車の保安基準は，UN/ECE/WP 29（国際連合欧州経済委員会第 29 作業部会）での活動により国内法令と欧州基準の整合化が進められている。

当初，SC 1/WG 3 で ISO/NP 28459 として欧州基準に基づく部分を ISO 化し，各国法令により異なる要求事項を列記し TS 化する方針で開始したが，一旦キャンセルされた後，前者に基づく ISO/NP 17253 として再 NWIP された。

日本としては，国内法令と整合しない ISO に基づいて土工機械が設計されるのは好ましくない為，意見提出するとともに，UN/ECE/WP 29 と連携してはどうかと 2010 年 6 月第 1 回ロンドン会議で再度提言したが，NWIP 投票の結果，日本以外の全参加国が賛成し，SC 1/WG 8 のプロジェクトとして 2011 年 2 月に承認された。

2012 年 2 月に第 2 回ロンドン会議が開催された際には，日本提出の意見も尊重され，又は受け入れられた形で案文修正された後，同年 6 月に CD 投票が行われた。

CD 投票での意見を反映し，2013 年 1 月に行われた DIS 投票の結果，12 ヶ国が賛成，1 ヶ国は反対であった。同年 4 月にドイツ・ミュンヘンで予定されていた会議が英国コンビナーの交代により延期となった後，新コンビナーが7月に第3回ロンドン会議を招集した。

4.2 概要

DIS 投票において，米国を始め，ISO/TC 110/SC 4（フォークリフト専門委員会テレハンドラ分科会），ブラジル，中国，スウェーデン及び日本から多数の意見が提出された。各国コメントを基に，1 日半をかけて議論した。

4.3 主要議題

米国からの指摘は文法上の訂正が主であり，概ね了承された。

ISO/TC 110/SC 4 からは，主にテレハンドラと土工機械で要求事項が異なる項目を指摘されたが，ISO/TC 110/SC 4 内部でも意見が分かれている様子との状況も勘案し，土工機械の ISO をガイダンス規格として扱うべきとの要求を受け入れた。

その他，各国・TC 110 の代表的な技術的／編集上意見及びそれらに対する PL 回答を以下に記す。各項目の意見提出国を括弧［ ］で示し，それに続く番号と条文は DIS 17253 からの抜粋である。

［日本意見］4.2.5 最大幅

公道を走行する機械の最大幅は，2550 mm を超えないのが望ましい。

とあるが，日本の保安基準では，最大幅 2.5 m を超える特殊自動車は規制を受ける。韓国・イタリアも同様であり，2500mm へ変更するよう再提案する。

→ PL 回答：受け入れない。2550 mm は欧州規格による寸法だが，個別的な差異は 1 適用範囲の“注記　ある状況では，国家又は地方の要求事項がこの規格の要求事項から逸脱する。その様な場合，地方の要求事項が優先する。”を参照することにより網羅されるので変更は不要。

※前回，日本から提案した最大高さの緩和及びフェンダ装着要求の除外が，DIS 投票において他国に支持された（後述）ことを受けての追加・再提起であるが，幅の緩和には至らなかった。

事務局注記：英国専門家によると“最大幅 2.5 m はイタリア全土の規制ではなく局地的なもの。英国でも局地的には最大幅 2.5 m に規制される地域がある。また，欧州でも冷凍肉の運搬車は最大幅 2.6 m まで許容される，など例外がある”とのこと。

［ISO/TC 110/SC 4 意見］4.6 かじ取り装置

タイヤ式機械（設計速度 20 km/h 以下を含む）のかじ取り装置の性能は，ISO 5010 に合致しなければならない。…（中略）…

注記　ISO 5010 の適用範囲は 20 km/h を超える機械に限られているが，この規格の目的上，20 km/h 以下の機械は 2 次かじ取りに対する ISO 5010 の性能要求事項を満足しなければならない。20 km/h 以下の機械を例外とするその他の規定も，同じ様に適用する。

とあるが，ISO 10896-1:2012 テレハンドラの安全要求は ISO 5010 のかじ取り要求事項を参照しておらず，固有の要求事項を有するので，「土工機械のみ該当」とし，「テレハンドラのかじ取り装置は ISO 10896-1 の該当する条項に合致すること。」に変更するよう要望する。

→ PL 回答：要望通り，以下のように改正する：

タイヤ式機械のかじ取り装置の性能は（設計速度 20 km/h 以下を含むが，テレハンドラを除く）ISO 5010 に合致すること。設計速度 20 km/h を超える（テレハンドラを除く）機械は，緊急時（通常かじ取り装置の不具合時）における操舵力が 350N を超える場合，2 次かじ取り装置が要求される。

［スウェーデン意見］4.7 制動装置

…（中略）…最高速度 20 km/h 未満の履帯式機械の制動装置は，ISO 10265 に合致すること。

最高速度 20 km/h 以上のタイヤ式及びゴム履帯式機械の制動装置は，ISO 3450 に合致すること。（以下略）…

とあるが，“タイヤ式機械の制動装置は，全ての速度において ISO 3450 に適合しなければならず，最高速度 20 km/h 以上のゴムクローラ付き履帯式機械は ISO 3450 に適合しなければならない。”とすべき。

→ PL 回答：以下のように改正する：

全てのタイヤ式機械の制動装置は ISO 3450 に適合すること。最高速度 20 km/h 以上のゴムクローラ付き履帯式機械は ISO 3450 に適合すること。

［スウェーデン意見］4.11.4 記号及び標識

最大高さ 3.8m を超える機械にのみ，このラベルを必要とする日本の提案を支持する。3.0 m を超える機械への本ラベル要求は，不要な負荷である。

“製造業者が規定する走行形態で全高が 3800 mm 以上の機械は，3.8 m を超える公道走行時高さの表示を運転員の見やすい位置に貼り付けること。”に変更

→ PL 回答：受け入れない。ただしこの段落を削除する。

※（日本の保安基準では，最大高さ 3.8 m を超える特殊自動車は，緩和認定及び表示が要求される為）前回，日本から同様の提案をしたことに対する再提起であり，日本からも強く主張したが，高さの緩和には至らなかった。

［日本意見］4.14 警報機器

機械には，運転員席から操作する，ISO 9533 の要求事項に合致した前進警報装置（警音器）を備えなければならない。…（中略）…SMV（低速移動車両）標章を取り付ける場合，型式認定を受けたものが望ましい。最高速度 40 km/h 以上の機械に低速移動車両標章を取り付けるべきではない。

とあるが，SMV プレート又は標章は“警報機器”ではないので 4.14 項に含めるべきでない。該当する記述を下記の如く分離し，4.14 項の前に置くよう提案する：

4.13.4 SMV プレート

低速移動車両プレートを取り付ける場合，…（以下略）

→ PL 回答：提案通り改正する。

［ブラジル意見］4.18 フェンダ

ブラジル等，多くの国では公道走行にフェンダを必要としない。フェンダ装着を要求する代わりに，フェンダのない機械を許容する以下のような記述の追加を提案する：

当局によりフェンダが要求されない地域では，（タイヤや履帯から堆積物が撒き散らされる恐れのある状況で）25 km/h を超える速度で運転しないよう運転者に注意を与えるのが望ましい。

→ PL 回答：受け入れない。ISO 3457 によりリスク分析を行い，フェンダ装着を決定できる旨注記する。

※（日本の保安基準では，特殊自動車はフェンダ装着要求を除外されている為）前回，日本から同様の提案をしたことに対する再提起であり，日本からも強く主張したが，フェンダ装着要求の除外には至らなかった。

4.4 次回までの宿題：

なし（次回会議開催予定なし）

4.5 共通的問題点：

関連動向として，仏国より欧州規則の調和プロジェクト（1 ヶ国で認証を受ければ EU 全土で有効となるような仕組み作り）についての最新状況が紹介された。改善タスクフォース全体会議が開催されるという。また，農業機械も含めた公道走行に関わる大小全ての機械を対象にした調和規格を策定する動きもある模様。

4.6 所見：

適用範囲にテレハンドラだけが追加的に含まれている事に関して，2012 年の会議において日本から「産業車両，農業機械も含めた特殊自動車として協議し，公道を走行する他のノン・ロード自走機械も適用範囲に含めるべき」と提言した際，当時の英国コンビナーから「ISO オフロードコーディネーション会議において TC 23，TC 110 に通知したところ，ISO/TC 110/SC 4 だけが本件に関心を示したので適用範囲に追加した」との回答があった。

しかし，DIS 投票の結果，テレハンドラ独自の要求事項があり，土工機械との歩み寄りは難しいことも判明した。例えば，DIS 17253 の引用規格：ISO 5010 土工機械―ゴムタイヤ付き機械―操縦要求事項 において，「2 次かじ取り装置が要求される，緊急時における操舵力は 350N 以上」とされているのに対し，2012 年に制定されたテレハンドラの規格：ISO 10896-1 不整地トラック―安全要求事項及び検証―第 1 部：可変リーチトラック における「同操舵力は 600N 以上」とされていることから，ISO/TC 110/SC 4 より“4.6 項は「350N」→「600N」とすべきである”旨の意見が出されたが，席上議論の結果（600N 以上の操舵力を加えるには，全体重をかけてかじ取り装置にぶら下がるしかなく非現実的），ISO 5010 通り「350N」のままとした。

その他にも前述の通り，要求事項の相違が判明したが，DIS 段階に及んでテレハンドラを適用範囲から除外することは，案文修正作業に要する時間とプロジェクト完了期限を考慮し避けるべきとの判断から，土工機械の ISO を引用規格でなくガイダンス規格として扱うべきとの要求を受け入れた。

5. 次回開催予定：

今回の会議での議論結果を基に，英国 PL が FDIS（最終国際規格ドラフト）案を作成し，再度意見照会を行う。次回会議開催予定はないが，必要に応じてウェブでの電子会議も検討する。

写真―2 Gunnersbury 駅近くの工事現場で稼働中の建設機械群（コンパクトダンパ，杭打ち機，油圧ショベル，トラックミキサ）

6. その他：

本会議は当初，2013 年 4 月にドイツ・ミュンヘンで開催が予定されていたが，昨年末に前コンビナー・英国 IRELAND 氏がビール醸造会社へ転職し，JCB 社内で後任コンビナー選出の事情により延期され，7 月に英国ロンドンで開催となった。

議論の焦点ともなっているテレハンドラ（テレスコピック・ハンドラ：可変リーチ式不整地用フォークリフトトラック）は，英国では一般的な建設機械の一種であり，街中をトレーラで運ばれている姿を見かけた（残念ながら公道走行中のテレハンドラは見られなかった）。

写真―３　Hammersmith 駅前をトレーラで輸送中のテレハンドラ

ロンドン会議も３回目となり，BSI のある Gunnersbury 駅周辺の地理もだいぶ解りかけてきた矢先，BSI から送られてきた周辺案内図の横に小さな文字で“Getting to BSI By Underground: Gunnersbury Station is currently not an accessible station.”と書かれているのが気になった。まさか Gunnerbury 駅は現在工事中か何かで，乗り降りできない状態にあるのか？などと思いながら BSI に問い合せてみたところ，not accessible：「車椅子での」乗り降りができない＝バリアフリーでない，という意味であった。確かに同駅にはエレベータ等がなく，出張時にはホーム階段脇の改良工事中だったので前述のような表現になったと推察されるが，いかにも英国らしい控えめさ加減に少々呆れつつ，自身の読解力不足を恥じた。

2012 年のエリザベス女王即位 60 周年，オリンピック開催に続き，2013 年は同女王戴冠 60 周年に当たり，またキャサリン妃の第１子出産を間近に控え，リージェント通りには英国王室を祝う幟がはためき，テムズ川沿いにあるランドマーク，観覧車「ロンドン・アイ」周辺は多くの観光客で賑わっていた。

写真―４　リージェント通りで道路工事中の車輪式ミニ油圧ショベル

写真―５　テムズ川へ張り出すように傾斜している観覧車「ロンドン・アイ」と対岸のウェストミンスター寺院

JCMA

新工法紹介　機関誌編集委員会

04-342	動的グラウチング工法 （長尺先受け工用）	鴻池組

▶ 概　　要

山岳トンネルに用いられる長尺先受け工の注入材はセメント系とウレタン系に大別され，地山状況と施工目的および周辺環境に応じてセメント系が採用される場合も少なくない。セメント系注入材は地山の変形係数を高める効果を有し，比較的安価だが，粒子を持つことから岩盤の微細な亀裂に浸透しにくいという本質的な課題があった。

鴻池組は，ダムの基礎処理や岩盤空洞の止水工事で実績のある動的グラウチング工法に改良を加え，長尺先受け工の注入に適用した。

動的グラウチング工法では注入材の圧送経路内にグラウトパルサーと呼ばれる脈動発生装置を組み，注入材に 5 ～ 10 Hz の脈動を付加する。これにより，見かけの粘性が低下して流動性が向上する。さらに，脈動によって亀裂入口や亀裂中でのセメント粒子の目詰まりが抑制され，改良効果と注入効率が向上する。

長尺先受け工への適用に当たっては，ゲルタイムの短い 1.5 ショットタイプの注入材に対応可能な注入システムを考案するとともに，注入材ゲルタイムと強度発現性能の最適化並びにリーク抑制対策を施し，トンネル工事で試験施工を実施して地山改良効果向上を確認した。

▶ 特　　徴

①注入材の目詰まりを抑制し，地山改良効果が向上

②ゲルタイムの短い 1.5 ショットタイプ注入材に対応可能。混合前の A 液（急硬材等）と B 液（超微粒子セメント等）の脈動を同期化することで混合による減衰を抑え，鋼管先端まで脈動を伝達できる。

③鋼管孔口部にバルクヘッド注入を行うことで注入材のリークを抑制。

▶ 用　　途

・山岳トンネル工事の長尺先受け工

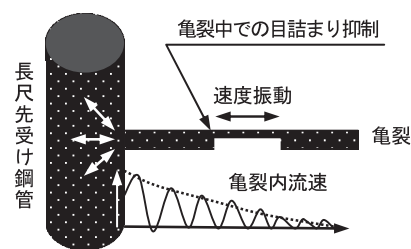
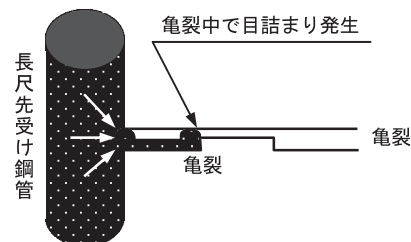
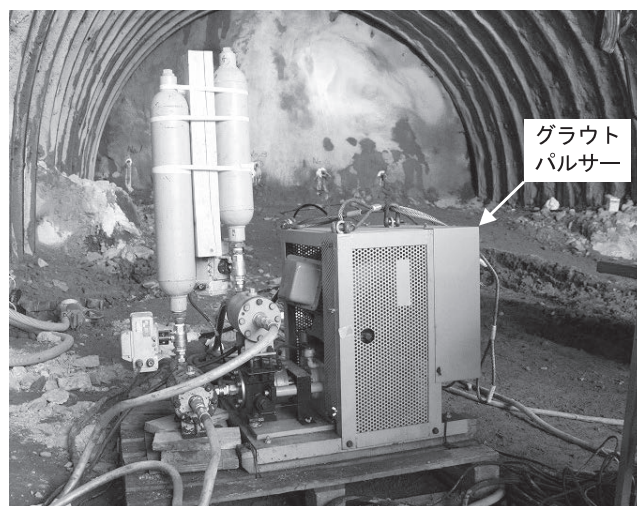
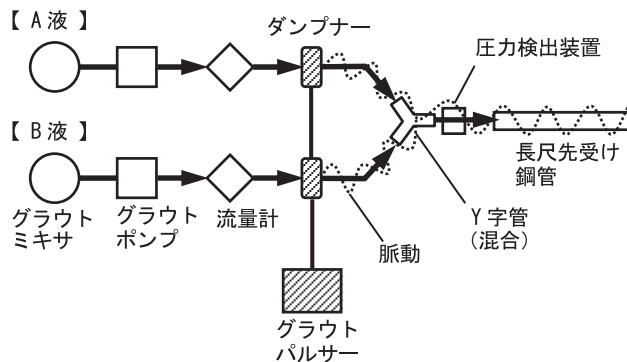
▶ 実　　績

・中部横断自動車道前沢トンネル工事において試験施工実施

▶ 問 合 せ 先

㈱鴻池組　土木事業本部　技術部

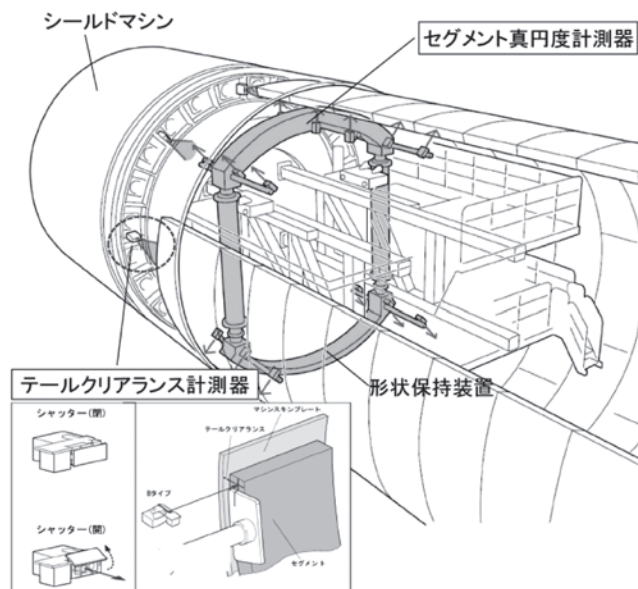
〒 541-0057　大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1

TEL：06-6245-6567

図— 1　目詰まり抑制効果の概念

図— 2　試験施工状況

図— 3　動的グラウチング工法の注入システム

04-340	セグメント真円度・ テールクリアランス 自動計測システム	フジタ

▶概　　要

シールド工事において，セグメントは必ずしも，シールド内面と同心円状に組立てられるものではなく，偏心したり，楕円状になったりすることがある。特に急曲線を掘進する場合，テールクリアランスを均等に確保することが困難となる。また，セグメントの真円度が低くゆがみが大きいと，セグメント継手のずれが発生し，掘進中にセグメント単体に偏荷重がかかり損傷の原因となる。このため，テールクリアランスとセグメント真円精度の確保に留意することが重要となっている。

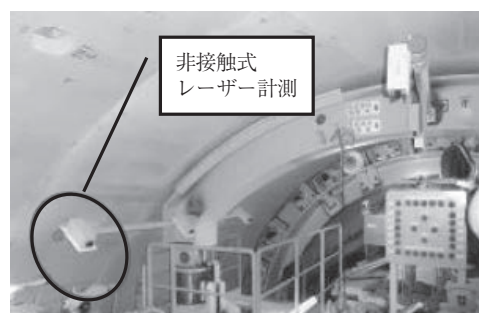
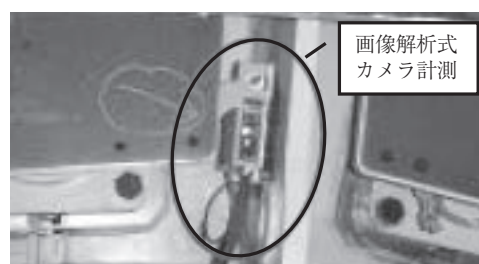
「フジタ高品質シールド」は，セグメントの組み立てに必要な計測を，トンネル掘進中に連続的に行うことができる「セグメント真円度計測システム」「テールクリアランス計測システム」から構成されており，真円度を的確に測定することで歪みのない組み立てが可能となった。また，システムの実証として日本下水道事業団発注の雨水法流渠工事に導入を実施。有効性の確認を行い，新たな計測システムとして確立した。

図―1　「フジタ高品質シールド」概念図

▶特　　徴

①セグメント真円度計測システム（非接触式レーザー計測）

従来セグメント真円度の測定は，シールド機内の障害物により，セグメント組立付近での計測が困難なため，シールド機から数リング離れた障害物がない位置のセグメントを，レーザー測量器や測量用スタッフで計測していた。そこで，今回シールド機の形状保持装置を利用して，組立後３リング分のセグメントの内空寸法を自動計測できる真円計測装置を開発。本装置は，非接触式レーザー距離計が設置された計測ガイドをリング状の形状保持装置の上下左右５箇所に取付け，３リング分を同時計測することでセグメントの内空断面形状を計測可能とする。これにより，掘進にともない変位するセグメント真円度の推移を解析し，即時シールド掘進組立管理に反映・是正を可能とした。

②テールクリアランス計測システム（画像解析式計測）

従来テールクリアランスの計測は，シールド機の掘進に応じてシールドジャッキ付近に作業員が近づいて計測することから，不安定な足場や高所作業など計測作業時の安全性が危惧されていた。本装置は，計測方法に画像処理方式を採用。切羽側からテールクリアランス部にレーザー照射し，これを画像処理解析することでリアルタイムにテールクリアランスの連続自動計測を可能とした。

写真―１　セグメント真円度計測システム

写真―２　テールクリアランス計測システム

▶用　　途

・シールドトンネル工事全般

▶実　　績

・東京都砂町再生センター雨水放流渠工事

▶問合せ先

㈱フジタ　広報室
〒151-8570　東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2　修養団 SYD ビル
TEL：03-3402-1911　FAX：03-3404-8477

新工法紹介

08-45	4D ソナーによる 施工管理システム	五洋建設

▶概　　要

水中施工では，作業状況の視認が困難なことにより，陸上施工と比較し，作業効率や施工精度が低下する。また，工種によっては施工箇所を観察し，船舶機械の重機オペレータを誘導するために，施工箇所近傍に潜水士を配置して重機オペレータが潜水士の誘導のもと，作業する場合があるが，吊り荷や重機と潜水士が接触する危険も案じられる。従来，ナローマルチビームソナーを用いて，海底計測が行われてきたが，2 次元ソナーという特性上，リアルタイムの海底形状把握には不向きであった。そこで，水中施工において，作業効率，施工精度，および安全性を向上させるため，海底や水中構造物などの形状を 4 次元で計測し表示する 4D ソナーによる施工管理システムを開発した。

4D ソナーによる施工管理システムは，海底地形や水中構造物の形状を 4 次元（X,Y,Z, 時刻）で計測し，表示および記録することができる施工管理システムである。ソナーにより 50° × 50° の範囲を 128 × 128（16,384）本のビームで最大 150 m の距離まで計測することができる。データ更新レートは最大 12 fps であるため，水中の動体計測も可能である。また，ソナーを艤装した船体の動揺を計測して補正することができ，超音波のノイズデータの除去も自動で行うため，従来は不可能であったリアルタイムの 4 次元の計測結果の表示が可能である。また，4D ソナーによる施工管理システムはソナー部を遠隔操作や自動操縦でパン，およびチルト可動させることができるため，ソナーの計測範囲である 50° × 50° 以上の範囲を計測して表示することも可能である。当該施工管理システムにより，捨石投入，捨石均し，浚渫，ブロック据付，障害物撤去などの海上工事において，潜水士の誘導なく，船舶機械の重機オペレータが水中作業状況をリアルタイムに確認しながら作業を行えるため，作業効率および安全性の向上が実現される。

図―1　システム概要

▶特　　徴

①計測した水中の地底や構造物の形状を 4 次元（X, Y, Z, 時刻）で計測し，リアルタイムに記録および表示することができる。

②ソナーを艤装した浮体の動揺を計測し，ソナーの計測に瞬時に反映して計測結果を表示することができるため，従来は不可能であったリアルタイムな海底の施工状況把握に有効である。

③ナローマルチビームソナーと同等の精度で，海底形状を計測して表示することができ，船舶機械などの重機のオペレータが視認しながら作業を行えるため，作業効率，および安全性が向上する。

④水中における現況と計画のそれぞれの 3 次元形状を重ね合わせて常時表示しながら施工することができるため，水中施工の過不足を感覚的かつ定量的に把握することができる。

⑤超音波を立体的（四角錐状）に照射するため，ナローマルチビーム測量などでは困難であった複雑な形状の構造物の計測が可能である。

⑥ソナー部を遠隔操作や自動操縦でパン，チルト方向に稼働させることができるため，より広範囲を計測することができる。

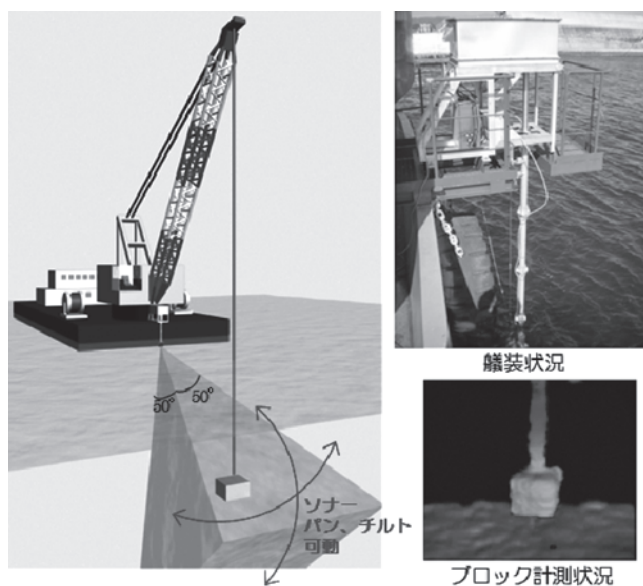
▶用　　途

・港湾工事における，測量，浚渫，捨石均し，潜水作業，ブロック据付，障害物撤去などの水中作業

▶実　　績

・八戸港八太郎地区防波堤（北）（災害復旧）ケーソン撤去外工事　平成 23 年 9 月～平成 24 年 8 月，他 17 件

▶問合せ先

五洋建設㈱　経営管理本部　広報グループ
〒 112-8576　東京都文京区後楽 2-2-8
TEL：03-3817-7550

▶〈03〉積込機械

12-〈03〉-05	キャタピラージャパン ホイールローダ Cat 994H	'12.10 モデルチェンジ

鉱山現場等で活躍するバケット容量 19.0 m^3 のホイールローダをモデルチェンジした。

新たに導入した Cat 994H には，大排気量，低定格回転数，ロングストロークの Cat 3516B HD エンジンを搭載し，エンジンの耐久性向上と燃料消費量低減を図った。Cat 3516B HD エンジンは，単体のエンジン出力が 560 kW を超えているため，オフロード法の対象外となる。

油圧ポンプに可変容量ピストンポンプを採用しており，従来の固定容量式に比べ，必要なときに必要な量の油を供給できるため，ロスが少なく燃費の低減に貢献するとともに，すばやいレスポンスにより優れた操作性を実現している。

指先だけの軽い操作で，緻密なコントロールが可能な E&H コントロールシステムを採用している。リフト，チルトキックアウト位置もキャブ内から設定可能で，ソフトストップ機能やクイックディテント機能も搭載している。さらに，ステアリング操作に加え，前後進・速度切替えを全て 1 本のレバーで行える Cat STIC システムにより長時間作業でのオペレータの疲労低減を図っている。

昇降用ステップの角度を従来機より緩やかにしたことで，昇降時の安全性を向上している。また，夜間の作業時に周囲を明るく照らせる HID ライトや車両後方の確認が可能なリアビューカメラを装備し，周辺作業者の安全確保を実現している。

表―1 Cat 994H の主な仕様

		994H
運転質量	(t)	196.650
バケット容量	(m^3)	19.0
全長（バケット付）	(m)	16.950
全幅（バケット付）	(m)	6.200
全高（キャブ上端まで）	(m)	6.665
最高走行速度	(km/h)	23.4/25.6
エンジン名称		Cat 3516B HD ディーゼルエンジン
総行程容積	(ℓ)	78
定格出力／回転数	(kW(ps)/rpm)	1,079（1,467）/1,600
価格	(百万円)	都度見積もり

写真―1 キャタピラージャパン Cat 994H ホイールローダ

問合せ先：キャタピラージャパン㈱ 広報室
〒 158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

13-〈03〉-05	キャタピラージャパン ホイールローダ Cat 950K/Cat 962K	'13.04 モデルチェンジ

砕石現場や港湾等で活躍する中型ホイールローダ Cat 950K，Cat 962K は，それぞれ Cat 950H，Cat 962H のモデルチェンジ機である。

電子制御テクノロジーに加え，排出ガスの一部を冷却して吸気側に循環することで NOx の排出を低減する「NOx リダクションシステム」や，一酸化炭素，炭化水素をディーゼル酸化触媒により，PM を DPF により低減・除去する「アフタートリートメント技術」など，数々のエンジンテクノロジーを搭載することにより，オフロード法 2011 年基準に適合している。

また，新たに採用したフュエルマネジメントシステム（FMS）により，システムを ON にすると，自動的にエンジントルクとスピードをしぼり，システム OFF 時に比べ，燃料消費量を 3 ～ 10％低減している。

作業機にはパラレル機構を備えた新型 Z バーリンケージを採用し，パラレル動作を可能にするとともに，従来機に比べダンピングクリアランスとリーチをアップし，より広い範囲での作業を実現している。

新開発のパフォーマンスシリーズバケットは，大きな間口と長いあご，弓形のサイドバーによって，積み込み性能の向上と荷こぼれの防止を実現し，バケットフィルファクタ（積込係数）を 5 ～ 15％アップしている。

新設計の大型 ROPS/FOPS キャブは，曲面フロントガラスにより室内空間の増大と広い作業視界をオペレータに提供している。さらにフロントヒンジドアや傾斜角度の大きな昇降ラダーにより昇降性の向上を図っている。加えて機密性の高いキャブとビスカスキャブマウントにより，オペレータ耳元騒音を低減している。外部騒音も低減し，標準で国土交通省低騒音型建設機械に指定されている。

車両後方の死角を補完するリアビューカメラ＆モニタを標準装備している。また，大型のリアビューミラーにより広い視界を確保し

新機種紹介

ている。さらに，フロントウインドアクセスステップやキャブトップのハンドレールなども装備し，安全性の向上を図っている。

表―２　Cat 950K/Cat 962K の主な仕様

	950K	962K
運転質量 (t)	19.65	20.6
標準バケット容量 (m^3)	3.3	3.6
全長（バケット付） (m)	8.22	8.53
全幅（バケット付） (m)	2.93	
全高（キャブ上端まで） (m)	3.48	
エンジン名称	Cat C7.1 ディーゼル エンジン	
総行程容積 (ℓ)	7.01	
定格出力 (kW(PS)/min^{-1})	149(202)/2,150	164(223)/2,150
最高走行速度（前進／後進）(km/h)	38/40	
価格 (百万円)	32.22	42.15

写真―２　キャタピラージャパン　Cat 950K，962K　ホイールローダ

問合せ先：キャタピラージャパン㈱　広報室
〒158-8530　東京都世田谷区用賀 4-10-1

13-〈03〉-07	KCM ホイールローダ 80Z7/85Z7/90Z7/92Z7/97Z7/115Z7	'13.04 発売 新機種

バケット容量 3.6 m^3 ～ 6.1 m^3 クラスの新型ホイールローダ６機種で特定特殊自動車排ガス規制法（オフロード法）の 2011 年基準に適合している。

新エンジン搭載のディーゼル微粒子除去装置（DPF），排ガス再循環装置（EGR），可変容量ターボ（VGT）を細かく制御し，排ガス中に含まれる窒素酸化物（NOx）を従来機種より約 50％，粒子状物質（PM）の発生を約 90％削減し，環境性能を高めている。燃費面では，可変容量ポンプを用いた高度な新制御方式の採用で油圧エネルギーを低減したほか，作業負荷に応じたエンジンの最適制御により，燃料消費量を従来機種に比べ 10％～ 20％低減している。

掘削，運搬，積込の各作業においては，荷役系油圧新制御，トランスミッションの全般独立制御，走行負荷感応型変速制御などを統合した新制御システムにより，作業性能，作業効率の飛躍的な向上を実現している。

また，居住空間を拡大し，気密性を高めた新型キャブを採用するとともに，運転席のインストゥルメントパネルには視認性の高い高解像度フルカラー液晶を採用することで，快適なオペレータ環境を実現している。更に，後方視認モニターの採用，傾斜昇降ラダーの採用，キャブドアの改良，ハンドレールの最適化により，安全性の向上を図っている。

問合せ先：㈱ KCM　企画部 営業企画課
〒 675-1113　兵庫県加古郡稲美町岡 2680 番地

写真―３　㈱ KCM　90Z7　ホイールローダ

表―3　80Z7/85Z7/90Z7/92Z7/97Z7/115Z7 の主な仕様

	80Z7	85Z7	90Z7	92Z7	97Z7	115Z7
標準バケット容量 (m^3)	3.6	4.0	4.5	5.0	5.6	6.1
運転質量 (t)	17.45	19.67	23.79	25.53	32.86	45.92
定格出力／回転数 (kW/min^{-1})	145/1,900	181/2,000	213/1,800	213/1,800	289/1,800	396/1,800
最大掘起力 (kN)	137.0	145.0	198.0	215.0	243.0	408.0
最高走行速度　前進／後進 (km/h)	36.0/26.2	34.7/23.0	37.0/37.0	36.6/36.6	38.0/20.9	36.0/22.8
最大けん引力 (kN)	153.0	177.0	192.0	215.0	274.0	351.0
登坂能力 (度)	30	30	30	30	30	30
車体屈折角 (度)	37	37	37	37	37	37
全長×全幅×全高（バケット付）(m)	8.300×2.910×3.370	8.570×2.980×3.405	9.040×3.100×3.530	9.235×3.170×3.530	9.675×3.450×3.730	11.330×3.770×4.195
軸距×輪距 (m)	3.300×2.160	3.350×2.200	3.450×2.230	3.550×2.230	3.600×2.440	4.150×2.650
最低地上高 (m)	0.450	0.425	0.505	0.505	0.440	0.545
ヒンジピン高さ (m)	4.09	4.19	4.425	4.525	4.655	5.040
ダンピングクリアランス (m)	2.85	2.90	3.085	3.190	3.310	3.290
ダンピングリーチ (m)	1.17	1.18	1.33	1.41	1.440	1.995
価格 (百万円)	32.8	42.3	48.2	54.9	69.6	89.6

▶〈04〉運搬機械

12-〈04〉-06	キャタピラージャパン ダンプトラック Cat 785D	’12.10 モデルチェンジ

鉱山現場などで活躍するダンプトラックをモデルチェンジした。シリンダストロークの延長により，従来機に比べ燃料の燃焼効率を改善し，燃費低減やエンジンの耐久性の向上を図っている。なお，Cat 3512C エンジンは，単体のエンジン出力が 560 kW を超えているため，オフロード法の対象外である。

電子制御フルオートマチックトランスミッションを搭載し，コンピュータ制御により，シフト時の負荷やクラッチの摩耗低減を図っている。

降板時にエンジン回転数を一定にするよう自動でブレーキを作動させるオートマチックリターダコントロール（ARC）と，後輪のセンサでスリップを検知し，自動でブレーキを作動させることでタイヤのスリップを抑制するトラクションコントロールシステム（TCS）を標準装備している。

2 段傾斜した独自の V 字形のベッセルにより積荷が中央に集まることで，積載物の保持や安定性を図っている。メインフレームは，箱型断面構造の強化型デザインであり，大きな負荷のかかるフレームコーナー部などには鋳鋼を使用して強度を高めている。

キャブまでのアクセスを，従来機のハシゴ式からステップ式に変更し，またステップ外側にハンドレールが設置されており，地上からキャブ内まで安全性を向上させている。

キャブドア開閉部のキャットウォーク（ドア開閉部の足場）の幅を 180 mm 延長するとともに，ハンドレールをステップ外側に追加し，キャブ内に容易かつ安全に乗降することを実現している。

表―4　Cat 785D の主な仕様

	785D
最大積載量 (t)	137.7
運転質量 (t)	111.700
最高速度 (km/h)	54.8
全長（全装備）(m)	11.550
全幅（タイヤ外幅）(m)	6.280
全高（キャノピ上端）(m)	5.680
エンジン名称	Cat 3512C HD ディーゼルエンジン
総行程容積 (ℓ)	58.56
定格出力／回転数 (kW(ps)/rpm)	1,082（1,450）／ 1,300
速度段（前進／後進）	6 段 /1 段
ベッセル容量（平積／山積）(m^3)	78.0 ／ 57.0
価格 (百万円)	都度見積もり

写真―4　キャタピラージャパン　Cat 785D　ダンプトラック

問合せ先：キャタピラージャパン　広報室
〒 158-8530　東京都世田谷区用賀 4-10-1

新機種紹介

▶〈05〉クレーン，インクラインおよびウインチ

13-〈05〉-03	加藤製作所 ラフテレーンクレーン（伸縮ブーム型） SR-250Ri PREMIUM	'13.03 発売 新機種

SR-250Ri PREMIUM は，ラフテレーンクレーンでは初の IC カードシステム『KIC・S』と平成 23 年ディーゼル特殊自動車排出ガス規制適合エンジンを搭載し，更に車両全体の軽量化により通行条件を改善した 25t 吊りラフテレーンクレーンである。

ジブの装着・格納では，2 段ジブ自動ロック機構の採用により 2 段ジブの空中振り出しが可能となった。これにより，格段に省スペースで簡単にジブの装着・格納作業ができるため，運転者の負担が軽減され作業の所要時間が大幅に短縮される。

写真―5 加藤製作所 SR-250Ri PREMIUM 2 段ジブの空中振り出し

ラフテレーンクレーンでは初の導入となる IC カードシステム『KIC・S』は，IC カードの認証が正しく一致しないとエンジンが始動できないシステムのため，盗難防止機能として活用できる。また，走行時は燃料消費量や走行距離，クレーン作業時も燃料消費量やクレーンレバー操作による量的積算値など多くの情報も IC カードに記録保管できる。IC カードのデータを専用カードリーダとデータ管理用ソフトを用いてパソコンに取り込み，作業日報作成や保守点検時の参考値としても利用でき，これらのデータをチェックすることにより燃料消費量や CO_2 削減にも役立てることができる。

タッチパネル式インフォメーションディスプレイには，走行時，クレーン作業時の瞬間燃費，平均燃費や走行距離，作業時間などの車両情報を大きな画面に見やすく表示することにより省エネ運転の手助けをする。

また，eco スイッチはクレーン負荷率の少ない作業や夜間作業などに使用し，クレーン操作時の最大回転数を比較的に燃料消費量や騒音の少ない最適な回転数に調整できる。さらに，クレーンを操作していない時には油圧ポンプの吐出量を自動的に少なくする省エネ化機能『オートミニマムコントロール』を搭載した。

安全装置に於いては，2 つの制限面を設定して自動停止させる領域制限機能と，負荷率を 80％から 100％までの任意の範囲で設定し自動停止させる負荷率制限機能も付加することにより，更に安全性を向上させている。

表―5 [SR-250Ri PREMIUM] の主な仕様

項目	単位	値
ブーム最大吊上げ能力	(t × m)	25 × 3.5
ジブ最大吊上げ能力	(t)	3.3（ブーム 75°時）
最大地上揚程 ブーム／ジブ	(m)	31.5/44.6
ブーム長さ／ジブ長さ	(m)	9.35 ～ 30.5/8.7 ～ 13.1
ブーム起伏角度／ジブ起伏角度	(度)	0 ～ 84/5 ～ 60
後端旋回半径	(m)	3.1
総質量	(t)	25.645
エンジン最大出力	(kW/min^{-1})	200/2600
エンジン最大トルク	($N・m/min^{-1}$)	775/1600
最高走行速度	(km/h)	49
登坂能力	($\tan\theta$)	0.6
最小回転半径 2 輪操向／4 輪操向	(m)	8.6/5.1
アウトリガ最大張出幅	(m)	6.6
全長×全幅×全高（走行姿勢）	(m)	11.47 × 2.62 × 3.44
価格（税抜き）	(百万円)	39

(注)（1）ブーム 4 段，ジブ 2 段
（2）走行変速段数 前進 4 段，後進 1 段（Hi-Low 切換）
（3）駆動方式 4 × 2，4 × 4 の切換式

写真―6 加藤製作所 SR-250Ri PREMIUM ラフテレーンクレーン

問合せ先：㈱加藤製作所 営業本部
〒 140-0011 東京都品川区東大井 1-9-37

▶〈06〉基礎工事機械

13-〈06〉-01	アイチコーポレーション ハイブリッド式穴掘建柱車 D50A	'13.05 発売 新機種

配電工事で使用される高所作業車ではバッテリ駆動型パワーユニットによる低騒音，低公害化が普及しているのに対して，穴掘建柱車では，高所作業車に比べ大きなパワーを要することから商品化が困難であった。本機は，ハイブリッドの考えと新たな制御方式を採用することで 3E（Environment，Energy，Ecology）に対応した環境対応商品として位置づけられるものである。また，ハイブリッド化によってユニットを大型化することなく積載量の確保を可能としている。

作業に応じ，バッテリ／ハイブリッド／エンジンの 3 モードが選択でき，ハイブリッドモードでは CO_2 の排出量および燃費が大幅に削減され，ランニングコスト低減にも寄与している。

バッテリモードからハイブリッドモードへの切替えは，アクセルペダルの踏み込みにより行われる。エンジン始動後，アイドリング状態に固定されることで，バッテリモード＋エンジンモードで静かでありながらスピーディな作業が可能となる。

ハイブリッドユニットにおける電動モータは，高所作業車と同じ効率のよい AC モータを採用し，また充電は 3 電源に対応できるようにしている。

表― 6　D50A の主な仕様

項目	単位	仕様
架装シャシ		3.0 t 車クラス
全長×全幅×全高	(m)	5.81 × 1.885 × 2.83
吊上げ能力	(t × m)	2.9 × 3.56
オーガ掘削能力	(kN-m)	6.47
騒音値(バッテリモード／エンジンモード)	(dB（A）)	65 ／ 80 以下（距離 5 m）
ハイブリッドユニット		
バッテリ電圧・容量	(Ah − V)	280 − DC48
充電器		車載型　3 電源対応
電動機		AC モータ
価格（ハイブリッドユニット）	(百万円)	2.27

（注）（1）全長×全幅×全高は，架装シャシにより異なる。
（2）騒音値はブーム作動時を示す。エンジンモードは架装シャシにより異なる。

写真― 7　アイチコーポレーション　D50A　ハイブリッド式穴掘建柱車

問合せ先：㈱アイチコーポレーション　CE 室
〒 362-8550　埼玉県上尾市領家 1152

統　計　機関誌編集委員会

平成 25 年度　主要建設資材需要見通しの概要と価格動向

1. はじめに

建設資材の需要動向は建設投資額と密接な関連があり，建設投資額の増加に伴い全般的に増加傾向にある。平成 25 年 6 月に国土交通省から発表された「平成 25 年度主要建設資材需要見通し」と建設資材の価格動向についてその概要を報告する。

2. 主要建設資材需要見通し

平成 25 年度の建設投資額は，前年度比 11.2％増の 49 兆 9,500 億円となる見通しである。このうち，政府投資は 16.4％増の 21 兆 9,600 億円，民間投資は 7.5％増の 27 兆 9,900 億円となる見通しである。

平成 25 年度の主要建設資材の需要見通しは，セメント，生コンクリート，骨材，木材，普通鋼材，アスファルトなど全ての材料で増加する見通しである。

下記に，主要建設資材の需要実績と今後の見通しを示す（図─ 1）。

平成 24 年度の建設投資額は，対前年度比では 7.2％増の 44 兆 9.000 億円となる見込みである。このうち政府投資は前年度比 9.6％増の 18 兆 8,600 億円，民間投資は，前年度比 5.5％増の 26 兆 400 億円と見込まれる。その内訳は，建築部門が 4.2％増の 23 兆 4,200 億円，土木部門は 10.7％増の 21 兆 4,800 億円となる見込みであり，これに伴い，主要建設資材の需要量実績も，前年度に引き続き全ての主要資材の需要量が増加した。

［セメント，生コンクリート］

平成 25 年度の需要見通しは，セメントが対前年度比 12.2％増加し 5,000 万 t，生コンクリートが対前年度比 12.9％増加の 10,400 万 m^3 と見通される。また，平成 24 年度の需要実績は，セメントは前年度比 4.5％増加の 4,458 万 t，生コンクリートは前年度比 4.7％増加の 9,210 万 m^3 であった。

［骨材，砕石］

平成 25 年度の需要見通しは，骨材が対前年度比 12.8％増加の 28,000 万 m^3，砕石が対前年度比 12.6％増加の 13,900 万 m^3 と見通される。また，平成 24 年度の需要実績は，骨材が前年度比 6.4％増加の 24,813 万 m^3，砕石は前年度比 5.5％増加の 12,342 万 m^3 と推計される。

［木材］

平成 25 年度の木材の需要見通しは，前年度比 11.9％増加の 1,050 万 m^3 と見通される。

また，平成 24 年度の需要実績は，前年度比 1.8％増加の 938 万 m^3 であった。ただし，平成 24 年度実績には，東日本大震災の影響により，平成 23 年 4 月～ 6 月の岩手県，宮城県及び福島県分の出荷量は含まれていない。

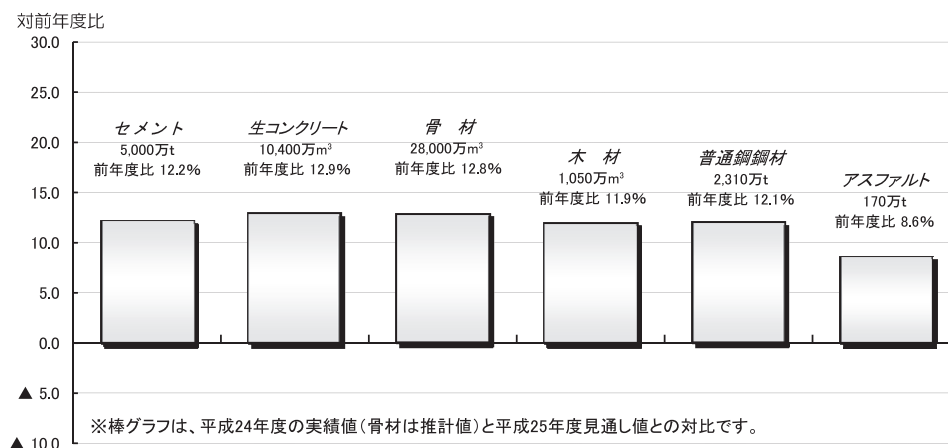
［普通鋼鋼材，形鋼，小型棒鋼］

平成 25 年度の需要見通しは，普通鋼鋼材が対前年度比 12.1％増加の 2,310 万 t，うち形鋼が 8.9％増加の 470 万 t，小型棒鋼が 11.7％増加の 920 万 t と見通される。また，平成 24 年度の需要実績は，普通鋼鋼材が前年度比 7.1％増加の 2,061 万 t，うち形鋼は 8.6％増加の 431 万 t，小型棒鋼は 6.1％増加の 823 万 t であった。

［アスファルト］

平成 25 年度の需要見通しは，アスファルトは対前年度比 8.6％増加の 170 万 t と見通される。また，平成 24 年度の需要実績は，前年度比 10.0％減少 157 万 t であった。

3. 主要建設資材の需要量年度別推移

次に，図─ 2 に主要建設資材需要量の年度別推移を示す。図が示すように，ほとんどの主要建設資材は，バブル最盛期をピークに，その後は急激に減少し，品目により多少の差はあるが全ての品目で

図─ 1　平成 25 年度主要建設資材の需要見通し

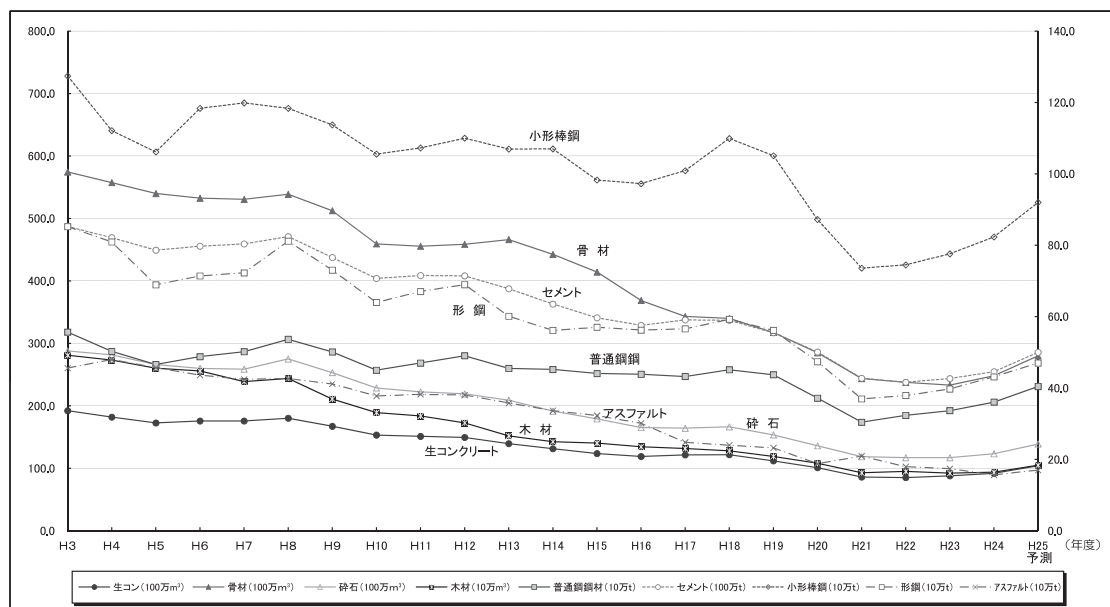
表―1　最近の主要建設資材需要の変遷

資材名称		単　位	需　要　量			伸び率	
			H23 年度実績値	H24 年度実績値	H25 年度見通し	24 ／ 23	25 ／ 24
セメント		万 t	4,265	4,458	5,000	4.5%	12.2%
生コンクリート		万 m^3	8,796	9,210	10,400	4.7%	12.9%
骨　材		万 m^3	23,313	*24,813*	28,000	6.4%	12.8%
	砕　　石	万 m^3	11,700	*12,342*	13,900	5.5%	12.6%
木　材		万 m^3	922	938	1,050	1.8%	11.9%
普通鋼鋼材		万 t	1,924	2,061	2,310	7.1%	12.1%
	形　　鋼	万 t	397	431	470	8.6%	8.9%
	小形棒鋼	万 t	776	823	920	6.1%	11.7%
アスファルト		万 t	174	157	170	－10.0%	8.6%

（注 1）　本見通しは,「平成 25 年度建設投資見通し（国土交通省総合政策局 情報政策課建設統計室 平成 25 年 6 月 28 日公表）」をもとに推計したものである。

（注 2）　各資材の対象は, セメントは〔内需量〕, 生コンクリート, 砕石は〔出荷量〕, 木材は〔製材品出荷量〕, 骨材は〔供給量〕, 普通鋼鋼材，形鋼は〔建設向け受注量〕，小形棒鋼は〔建設向け出荷量〕，アスファルトは〔建設向け等内需量〕。

（注 3）　本見通しの有効数字は，セメントは〔100 万 t〕，生コンクリート，骨材及び砕石は〔100 万 m^3〕，木材は〔25 万 m^3〕，普通鋼鋼材，形鋼及び小形棒鋼は〔10 万 t〕，アスファルトは〔5 万 t〕。

（注 4）　その他の資材については実績値。
ただし，木材の H23 年度実績値には，東日本大震災の影響により，平成 23 年 4 月～ 6 月の岩手県，宮城県及び福島県分の出荷量が含まれていない。
平成 24 年度の需要量のうち，骨材，砕石については推計値を使用しているため，見込み値（イタリック体）。

（注）グラフの見方 ・実線（生コンクリート、骨材、砕石、木材、普通鋼鋼材）については左軸、点線（セメント、小形棒鋼、形鋼、アスファルト）については右軸を参照。
・平成24年度の需要量は、骨材,砕石については、第3四半期までは実績値、第4四半期につき推計値、アスファルトについては、見込み値、その他の資材については実績値。
ただし、木材のH22・H23年度実績値には、東日本大震災の影響により、平成23年2月～6月の岩手県、宮城県及び福島県分の出荷量が含まれていない。
・平成25年度の需要量は、見通しの値。

《資料出所》
○セメント …（社）セメント協会（セメント需給実績）
○生コンクリート … 全国生コンクリート工業組合・協同組合連合会（出荷実績の推移）
○骨材 … 経済産業省　（骨材需給表）
○砕石 … 経済産業省　（砕石統計年報）
○木材 … 農林水産省　（製材統計）
○普通鋼鋼材 …（一社）日本鉄鋼連盟　資料
○形鋼 …（一社）日本鉄鋼連盟　資料
○小形棒鋼 …（一社）日本鉄鋼連盟　資料
○アスファルト … 石油連盟　（石油アスファルト統計月報）

図―２　主要建設資材需要量の年度推移

統　　計

減少し，平成 22 年度まで続いた。

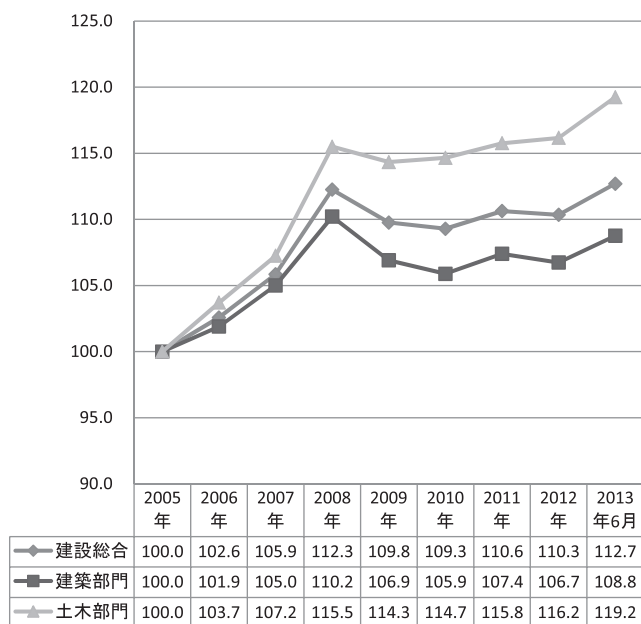
しかし平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災の復興事業が本格化するのに伴い，一部の品目は急減に需要量が回復し，翌年度以降はすべての品目において需要量が回復している。

4. 主要建設資材の価格動向

全国各都市平均の主要建設資材価格推移（平成 17 年平均＝ 100）を図― 3 に示す。

建設需要量は減少しているが，資材価格を見ると平成 17 年度（2005 年）以降は緩やかに上昇を示し，平成 20 年度には鋼材材料が急激に上昇したが，平成 21 年度に下降しその後は，横ばいから緩やかに上昇している。

建設資材物価指数を前年度の全国平均と平成 25 年 6 月を比較すると，建設総合では前年度比 2.4 ポイント上昇の 112.7，建築部門は前年度比 2.1 ポイント上昇の 108.8，土木部門は前年度比 3.0 ポイント上昇の 119.2 であった。

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年6月
建設総合	100.0	102.6	105.9	112.3	109.8	109.3	110.6	110.3	112.7
建築部門	100.0	101.9	105.0	110.2	106.9	105.9	107.4	106.7	108.8
土木部門	100.0	103.7	107.2	115.5	114.3	114.7	115.8	116.2	119.2

図― 3　主要建設資材物価指数の推移（全国）
建設物価調査会資料より

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年6月
セメント	100.0	101.3	101.3	111.8	117.1	118.9	119.1	121.3	121.3
生コンクリート	100.0	100.0	100.0	103.6	105.5	110.0	110.0	110.2	111.9
砂利・砕石	100.0	100.0	100.6	100.8	101.1	101.1	100.9	101.0	104.6
建設用　木製品等	100.0	100.0	100.9	104.0	105.3	105.3	105.3	105.3	105.3
熱間圧延　鋼　材	100.0	99.3	110.9	156.4	114.7	108.1	114.0	105.5	109.6
冷間・メッキ　鋼　材	100.0	96.7	98.9	112.5	102.2	105.0	106.5	103.5	100.7
舗装材料	100.0	110.7	114.2	127.1	130.1	136.2	140.1	142.7	152.3

図― 4　主要建設資材の物価指数の推移（東京）
建設物価調査会資料より

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年6月
農産物	100.0	99.8	99.7	100.4	101.1	102.9	101.8	100.6	100.7
繊維製品	100.0	99.6	98.9	101.6	103.1	103.1	103.5	103.8	106.3
塗　料	100.0	104.1	107.2	109.8	109.3	104.9	104.9	104.9	104.9
石油製品	100.0	116.3	119.2	151.7	109.7	119.5	132.7	133.7	140.2
電線・光ﾌｧｲﾊﾞｰ	100.0	132.5	145.3	137.9	112.4	120.6	130.7	126.8	134.9
一般機械	100.0	101.4	106.4	111.4	114.0	113.8	114.2	115.6	115.6
重電機器	100.0	100.1	99.3	99.5	99.5	99.9	100.6	100.6	100.6
プラスチック　製品	100.0	101.9	103.1	104.4	106.3	106.7	106.8	107.2	107.5

図― 5　その他資材の物価指数の推移（東京）

図― 4 は，最近の東京都区部の主要建設資材の物価指数の推移を示したものである。

平成 25 年 6 月と前年度平均を比較すると，セメントは，横ばいの 121.3，生コンクリートは，1.7 ポイント上昇の 111.9，砂利・砕石および建設用木製品等は変化無し，熱間圧延鋼材は，4.1 ポイント上昇の 109.6，ポイント冷間・メッキ鋼材は 2.8 ポイント下落の 100.7，舗装材料は 9.6 ポイント上昇の 152.3 であり，全体的には緩やかな上昇傾向にある。

図― 5 は，最近の東京都区部のその他資材の物価指数の推移を示したものである。

平成 25 年 6 月と前年度平均を比較すると，物価指数（平成 17 年＝ 100）を見ると，電線・光ファイバーは 8.1 ポイント上昇の 134.9，石油製品は 6.5 ポイント上昇の 140.2，繊維製品は 2.5 ポイント上昇の 106.3 と 3 品目は上昇し，プラスチック製品，農産物は 0.1 ～ 0.3 ポイント緩やかに上昇し，一般機械，重電機器，塗料は指数の変化がない。

5. おわりに

建設資材の需要量は，建設投資額の増減に大きく左右されるが，今回は東日本大震災の復興事業が本格化し，全国的に防災対策事業も計画されていることなどから，緩やかな増加が期待されている。

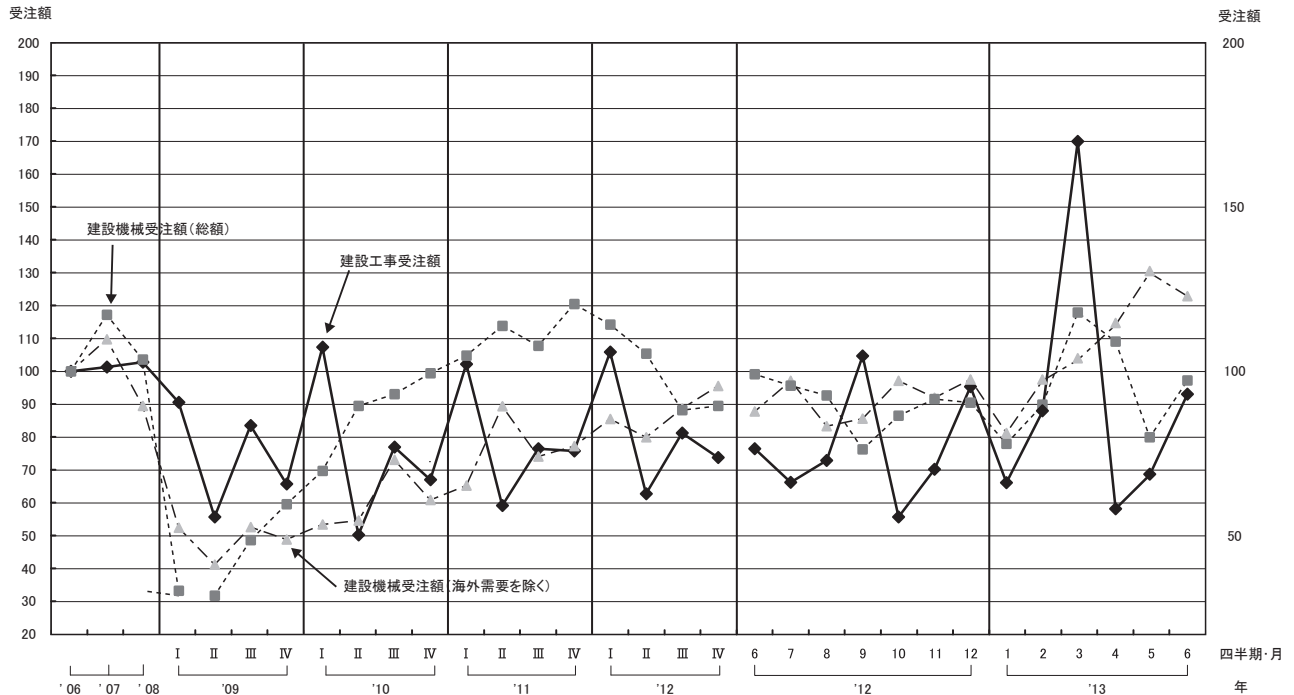
また，資材価格の面においても，震災後一部の資材が大幅に上昇したが，その後は安定し，全体的には緩やかな上昇を示している。

このような背景から，需要量および価格面においても，これまでの長期の減少傾向から緩やかな上昇が期待できるものと思われる。

（文責　小池）

統　　計　機関誌編集委員会

建設工事受注額·建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査（大手50社）　（指数基準　2006年平均=100）
建設機械受注額：建設機械受注統計調査（建設機械企業数24前後）　（指数基準　2006年平均=100）

建設工事受注動態統計調査（大手 50 社）

（単位：億円）

年　月	総　計	受注者別						工事種類別		未消化工事高	施工高
		民間			官公庁	その他	海外	建築	土木		
		計	製造業	非製造業							
2006 年	136,214	98,886	22,041	76,845	20,711	5,852	10,765	98,795	37,419	134,845	142,913
2007 年	137,946	103,701	21,705	81,996	19,539	5,997	8,708	101,417	36,529	129,919	143,391
2008 年	140,056	98,847	22,950	75,897	25,285	5,741	10,184	98,836	41,220	128,683	142,289
2009 年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010 年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012 年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2012 年 6 月	8,663	6,106	1,433	4,673	2,053	354	149	5,999	2,664	115,408	9,834
7 月	7,488	5,156	1,043	4,112	1,809	430	93	5,163	2,325	116,359	6,602
8 月	8,247	5,373	1,030	4,342	2,246	400	228	5,424	2,823	115,240	9,295
9 月	11,880	7,617	1,541	6,076	2,810	496	957	8,373	3,507	115,538	11,742
10 月	6,283	4,337	1,113	3,224	1,329	364	253	4,341	1,942	114,513	7,383
11 月	7,951	5,612	1,143	4,469	1,555	392	392	5,779	2,172	113,652	8,952
12 月	10,823	7,180	1,489	5,691	2,654	428	562	7,886	2,937	113,146	11,789
2013 年 1 月	7,476	4,934	914	4,020	1,711	323	208	4,974	2,202	113,069	7,495
2 月	9,974	6,394	1,028	5,366	2,725	395	460	6,631	3,343	112,221	10,849
3 月	19,344	12,545	2,117	10,428	4,900	476	1,423	12,473	6,870	117,754	13,225
4 月	6,570	4,870	866	4,004	1,238	366	97	4,489	2,081	118,464	7,025
5 月	7,781	5,423	1,109	4,314	1,738	351	269	5,680	2,101	118,273	8,090
6 月	10,557	6,865	1,132	5,734	2,333	448	911	6,701	3,856	—	—

建　設　機　械　受　注　実　績

（単位：億円）

年　月	06 年	07 年	08 年	09 年	10 年	11 年	12 年	12 年 6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	13 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
総　額	17,465	20,478	18,099	7,492	15,342	19,520	17,343	1,443	1,391	1,347	1,107	1,258	1,331	1,315	1,133	1,307	1,717	1,588	1,161	1,414
海外需要	11,756	14,209	12,996	4,727	11,904	15,163	12,357	1,026	929	951	700	796	894	851	747	843	1,222	1,042	539	829
海外需要を除く	5,709	6,268	5,103	2,765	3,438	4,357	4,968	417	462	396	407	462	437	464	386	464	495	546	622	585

（注）2006 ～ 2008 年は年平均で，2009 ～ 2012 年は四半期ごとの平均値で図示した。
2012 年 6 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査
内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

…行事一覧…

（2013 年 7 月 1 日～ 31 日）

■ 機 械 部 会

■除雪機械技術委員会 幹事会

月　日：7 月 1 日（月）
出席者：江本平委員長ほか 12 名
議　題：①ホームページの作成について（担当 コマツ） ②ロータリ除雪車性能試験方法の改訂について（担当 太田委員） ③除雪機械の変遷について ④除雪機械技術ハンドブックの見直しについて ⑤工場見学について ⑥その他

■トンネル機械技術委員会 環境保全分科会

月　日：7 月 5 日（金）
参加者：林正也分科会長ほか 5 名
議　題：①各自の調査資料について発表説明 ②大まかな構想と担当者の決定について ③調査事例依頼フォームの決定について ④その他

■路盤舗装機械技術委員会 幹事会

月　日：7 月 8 日（月）
参加者：行川恒弘委員長ほか 8 名
議　題：①本年度の活動計画の確認について ②総会（9/26）での発表を含めた議事内容について ③標準部 ISO/TC195 での WG5，WG9 の分科会発足にかかる委員の選定方法について ④その他

■ショベル技術委員会

月　日：7 月 12 日（金）
出席者：尾上裕委員長ほか 11 名
議　題：①平成 25 年度委員会活動計画について ②ミニショベルの JCMAS 燃費測定の進捗状況と 7 月 25 日開催の作業燃費検討 WG に向けての確認について ③厚生労働省 労働安全衛生規則及び構造規格の一部改正について ④ 6 月 14 日開催の機械部会 技術連絡会の報告 ⑤技術連絡会での Bauma2013 展示会報告について ⑥その他

■トンネル機械技術委員会 工場見学会

参加者：赤坂茂委員長ほか 14 名
月　日：7 月 18 日（木）
場　所：ニシオティーアンドエム㈱長野工場
内　容：①会社概要・保有機械の現況説明，工場見学（保有機械・整備状況） ②小断面（ミニ）エレクター付吹付け機のデモ ③質疑応答

■ダンプトラック技術委員会

月　日：7 月 18 日（木）
出席者：大貫廣明ほか 4 名
議　題：①各社トピックスについて（コマツ 大貫委員長） ②人材育成についての討議 ③安全作業ガイドの纏め方について ④ 6 月 18 日開催の機械部会 技術連絡会の報告について ⑤現場見学会について ⑥その他

■原動機技術委員会

月　日：7 月 19 日（金）
出席者：六本木明人副委員長ほか 20 名
議　題：①啓蒙パンフレット「オンロードトラックにおける DPF（黒煙除去装置）などの後処理付き車両の正しい使用願い」の紹介と建機における啓蒙について（各トラックメーカ） ②低炭素型建設機械認定規定の改正と融資・補助金について（国土交通省） ③車載型排ガス測定試験（In-Use）結果の報告について（土木研究所） ④海外排気ガス規制の動向についての情報交換 ⑤その他情報交換

■トンネル機械技術委員会 建設生産システムの変革分科会

月　日：7 月 19 日（金）
出席者：浅沼廉樹分科会長ほか 6 名
議　題：①機械部会 技術連絡会（6 月 18 日開催）での発表の報告 ②前回打合せに基づく各自の追加収集資料を持ち寄り，内容についての討議 ③その他

■トンネル機械技術委員会 安全・安心分科会

月　日：7 月 24 日（水）
出席者：岩切満行分科会長ほか 5 名
議　題：①各人の追加で調査，収集した資料についての討議 ②収集技術の分類について ③その他

■建築生産機械技術委員会 移動式クレーン分科会 WG

月　日：7 月 26 日（金）
出席者：石倉武久委員長ほか 7 名
議　題：①建築生産機械技術委員会…国交省からの追加 3 機種（発動発電機，ホイールクレーン，空気圧縮機）の燃費基準創設への取組のお願いについての説明（吉田課長補佐，岡本係長） ②移動式クレーン分科会 WG…ラフテレーンクレーンの作業燃費についての各社検討意見の確認，今後の検討の進め方について，その他

■ 製 造 業 部 会

■製造業部会 マテハン WG・ショベル・トラクタ技術委員会 合同打合せ

月　日：7 月 25 日（木）
出席者：三宅利彦主査ほか 19 名
議　題：①解体用車両系建設機の構造規格の改正に伴う安定度の再確認について ②厚生労働省配布の Q&A の内容についての再確認と厚労省への追加確認事項について

■作業燃費検討 WG・ミニショベルメーカ打合せ

月　日：7 月 25 日（木）
出席者：田中利昌 WG リーダほか 10 名
議　題：①ミニショベル燃費測定収集データについての説明と内容についての確認 ②燃費基準とクラス分けについての各社意見交換 ③国交省殿との打合せ（8 月下旬予定）に向けての業界意見の整理について ④今後の WG の進め方について ⑤その他

■製造業部会 小幹事会

月　日：7 月 29 日（月）
出席者：小室洋幹事長ほか 7 名
議　題：①平成 25 年度製造業部会事業計画の進め方について ②厚労省 安衛法関連の改正について（マテリアルハンドリング WG） ③ 2014 年排ガス規制の細目告示等について ④国交省自動車局へのクレーン用台車構造要件改正の業界要望について（クレーン車道路走行 WG） ⑤作業燃費基準の追加検討機種の検討状況について（作業燃費検討 WG） ⑥平成 25 秋の機械部会 技術連絡会への合同参加について ⑦その他

■ 建 設 業 部 会

■建設機械安全情報 WG

月　日：7 月 2 日（火）
出席者：坂下誠リーダーほか 10 名
議　題：①移動式クレーン事故情報の収集方法について，情報収集内容（様式），情報収集先 ②移動式クレーン以外の機械について，機種の選定，情報収集内容（様式），情報収集先，JCMA 安全情報データベース ③その他

■建設業部会

月　日：7 月 12 日（金）
出席者：立石洋二部会長ほか 24 名
議　題：①部会長挨拶 ②平成 25 年度建設業部会活動計画 ③新体制（委員）の紹介 ④各 WG 報告 ⑤夏季現場

見学会の紹介　⑥解体用機械の法改正等　建設業と係る国交省及び関連省庁の動向について紹介　⑦その他

■三役会

月　日：7月17日（水）

出席者：立石洋二部会長ほか6名

議　題：①7/12の建設業部会について　②西谷トンネル夏季現場見学の詰め作業　③各WG進捗状況報告　④その他

■バックホウ吊上げ作業の事故予防検討会

月　日：7月24日（水）

出席者：傳田喜八郎リーダーほか5名

議　題：①報告書修正原稿持ち寄り・検討　②その他

■機電技術者交流企画WG

月　日：7月31日（水）

出席者：久留島匡繕リーダーほか8名

議　題：①今年度機電技術者意見交換会のテーマについてアンケートから検討　②今年度機電技術者意見交換会の発表方法についてアンケートから検討　③今年度機電技術者意見交換会の講演について検討　④パソコンの確保についての課題　⑤その他

■各種委員会等

■機関誌編集委員会

月　日：7月3日（水）

出席者：山名良事務長ほか21名

議　題:①平成25年10月号（第764号）の計画の審議・検討　②平成25年11月号（第765号）の素案の審議・検討　③平成25年12月号（第766号）の編集方針の審議・検討　④平成25年7～9月号（第761～763号）の進捗状況の報告・確認

■新機種調査分科会

月　日：7月23日（火）

出席者：江本平分科会長ほか4名

議　題：①新機種情報の持ち寄り検討　②新機種紹介データまとめ　③その他

■建設経済調査分科会

月　日：7月24日（水）

出席者：山名至孝分科会長ほか3名

議　題：①「平成25年度建設投資の見通し概要」（8月号）の検討　②「平成25主要建設資材需要見通の概要」(9月号）の検討　③その他

■研究開発助成審査委員会

月　日：7月11日（木）

出席者：岸野佑次委員長ほか6名

議　題：①平成23年度助成研究 成果報告について　②平成25年度実施要綱について　③その他

…支部行事一覧…

■北海道支部

■平成25年度建設工事等見学会

月　日：7月12日（金）

見学場所：①新雄冬岬トンネル（石狩市浜益）見学　②中空知衛生施設組合「リサイクリーン」見学

出席者：峰友博広報委員長ほか26名

■情報化施工推進連絡会準備会

月　日：7月18日（木）

出席者：鬼澤正美事務局長ほか5名

場　所：JCMA北海道支部会議室

内　容：①新たな情報化施工推進戦略について　②推進連絡会事務局の構成について　③その他

■平成25年度除雪機械技術講習会（メーカ）打合せ

月　日：7月29日（月）

場　所：（一社）日本建設機械施工協会北海道支部

出席者：堅田豊技術顧問ほか4名

内　容：①平成25年度除雪機械技術講習会について　②講習会テキストの改定について　③その他

■東北支部

■施工部会

月　日：7月4日（木）

場　所：CAT岩沼，実地試験会場

出席者：稲村正弘部会長ほか3名

内　容：建設機械施工技術検定実地試験会場調査

■広報部会

月　日：7月5日（金）

場　所：支部会議室

場　所：菅野公正ほか5名

内　容：①支部たより165号最終校正について　②60周年記念誌発刊反省点　③その他

■広報部会

月　日：7月5日（金）

場　所：陸前高田市髙田松原

参加者：山田仁一事務局長ほか1名

内　容：支部たより165号表紙写真ほか

■広報部会（第3回EE東北実行委員会作業部会）

月　日：7月22日（月）

場　所：フォレスト仙台

出席者：東北技術事務所 井上秀秋事業対策官ほか20名

議　題：①EE東北'13実施報告　②アンケート結果（総括）③出展者負担金精算（案）④決算（案）⑤今後の予定

■施工部会

月　日：7月29日（月）

場　所：支部会議室

出席者：稲村正弘部会長ほか10名

議　題：①平成25年度除雪講習会開催一覧表　②平成25年度道路除雪の手引き改訂事項について　③平成25年度パワーポイント改訂事項について　④その他

■広報部会（第2回EE東北実行委員会）

月　日：7月30日（火）

場　所：フォレスト仙台

出席者：森吉尚企画部長ほか30名

議　題：①EE東北'13実施報告　②アンケート結果（総括）③出展者負担金精算（案）④決算（案）⑤今後の予定

■施工部会

月　日：7月31日（水）

場　所：東北地方整備局会議室

出席者：北村章道路情報管理官ほか13名

内　容：平成25年度除雪講習会及び講習実施計画（案）について内容説明し了承を得た

■北陸支部

■新技術活用評価会議

月　日：7月1日（月）

場　所：北陸地方整備局会議室

出席者：藤田明施工技術部会長

議　題：新技術の活用評価

■けんせつフェア北陸in金沢第2回幹事会

月　日：7月4日（木）

場　所：北陸地方整備局新潟国道事務所会議室

出席者：上杉修二企画部会広報委員長

議　題：①出展募集結果について　②場配置計画（案）について　③実施計画（案）について　④広報計画（案）について　⑤修正予算（案）について

■北陸雪氷技術研究会第1回運営委員会

月　日：7月16日（火）～17日（水）

場　所：福井県職員会館会議室

出席者：山崎吉晴雪氷部会長

議　題：①規約改正について　②第28回北陸雪氷シンポジウムin福井の開催について

■第1回普及部会

月　日：7月18日（木）

場　所：新潟県建設会館

出席者：青木鉄朗普及部会長ほか9名

議　題：平成 25 年度事業計画について

■柏崎市除雪研修会
月　日：7 月 30 日（火）
場　所：夢の森公園管理棟研修室
出席者：講師派遣 青木鉄朗普及部会長
受講者：柏崎市除雪施工者約 90 名

■ 中部支部

■「建設技術フェア 2013 in 中部」事務局会議に出席
月　日：7 月 8 日（月）
出席者：永江豊事務局長
議　題：「建設技術フェア 2013 in 中部」実施計画について

■建設機械整備技能検定実技試験
月　日：7 月 18 日（木）～ 20 日（土）
場　所：愛知県立高浜高等技術専門学校
受験者：1 級 30 名，2 級 44 名

■「建設 ICT 施工ガイドブック（仮称）」作成実行委員会
月　日：7 月 30 日（火）
出席者：青木技術部会長ほか 7 名
議　題：編集内容の調整

■広報部会
月　日：7 月 31 日（水）
出席者：高木広報部会長ほか 6 名
議　題：「中部支部ニュース」第 32 号の校正について

■ 関西支部

■広報部会
月　日：7 月 3 日（水）
場　所：関西支部 会議室
出席者：荒金秀一広報部会長以下 7 名
議　題：①建設施工研修会の取り組みについて　②建設技術展 2013 近畿の取り組みについて　③「JCMA 関西」第 103 号の発刊について

■「損料・橋梁・大口径」積算技術講習会
月　日：7 月 5 日（金）
場　所：追手門学院 大阪城スクエア 会議室
参加者：32 名
内　容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算　②建設機械等損料の積算　③鋼橋架設の施工技術と積算　④ PC 橋架設の施工技術と積算

■意見交換会事前打合せ
月　日：7 月 17 日（水）
場　所：追手門学院 大阪城スクエア 会議室
参加者：松本克英事務局長以下 24 名
内　容：①アンケート調査結果について　②意見交換会のテーマについて

■建設用電気設備特別専門委員会（第400回）
月　日：7 月 17 日（水）
場　所：中央電気倶楽部 会議室
議　題：①前回議事録確認　② JEM-TR104 建設工事用受配電設備点検保守のチェックリスト審議　③その他

■水工技術講習会（平成 25 年度第 1 回）
月　日：7 月 19 日（金）
場　所：追手門学院 大阪城スクエア 会議室
参加者：81 名
内　容：①「堰の役割と津波について」京都大学教授 角哲也氏　②「水理・振動特性」大阪電気通信大学客員教授 巻幡敏秋氏

■建設業部会・リース・レンタル業部会・整備サービス業部会 合同見学会，部会
月　日：7 月 23 日（火）
場　所：阪神高速 大和川線シールドトンネル工事
施工者：鹿島・飛島建設工事共同企業体
参加者：寺口勝久建設業部会長，伊勢木浩二リース・レンタル業部会長以下 25 名
内　容：①工事概要説明　②施工現場見学　③質疑応答　④各部会（第 2 回合同見学会などについて）

■近畿地方整備局との意見交換会
月　日：7 月 25 日（木）
場　所：ドーンセンター 第二会議室
参加者：深川良一支部長以下 38 名
内　容：①話題提供　1）公共工事の品質確保の取り組みについて，2）防災・危機管理の取り組みについて，3）土木機械設備を巡る話題について　②意見交換

■ 中国支部

■第 2 回施工技術部会
月　日：7 月 2 日（火）
場　所：中国支部事務所
出席者：齋藤実部会長ほか 4 名
議　題：①情報伝達訓練の実施結果について　②情報化施工技術研究会（第 3 回）について　③情報化施工関係行事について　④講習会等の実施計画について　⑤その他懸案事項

■第 3 回広報部会
月　日：7 月 3 日（水）
場　所：中国支部事務所
出席者：小石川武則部会長ほか 4 名
議　題：①広報誌「CMnavi」38 号・39 号について　②広報活動に関する当面の課題等について　③その他懸案事項

■第 4 回企画部会
月　日：7 月 5 日（金）
場　所：中国支部事務所
出席者：高倉寅喜部会長ほか 4 名
議　題：①平成 25 年度中国地方整備局との意見交換会の企画調整について　②防災協定に係わる支援体制について　③その他懸案事項

■第 5 回企画部会
月　日：7 月 18 日（木）
場　所：中国支部事務所
出席者：高倉寅喜部会長ほか 4 名
議　題：①平成 25 年度中国地方整備局との意見交換会の企画調整について　②その他懸案事項

■情報化施工技術研究会（第 3 回）
月　日：7 月 24 日（水）
場　所：広島 YMCA 本館会議室
出席者：齋藤実部会長ほか 31 名
議　題：①講話「情報化施工の最近の話題」中国地方整備局企画部情報化施工担当官　②事例紹介／鹿島道路㈱…鹿島道路における情報化施工の歴史／大福工業㈱…情報化施工にて施工を行うに当たっての効果，問題点・課題について／西尾レントオールール㈱…転圧管理システムの付加価値としての安全管理，温度管理の連動性について　③意見（情報）交換

■ 四国支部

■支部機関誌「しこく（No.91：2013.7）」を発刊
月　日：7 月 30 日（火）
配布部数：約 230 部
配布先：支部役員・団体会員外関係機関等約 200 カ所
主要記事：・四国横断自動車道（中土佐 IC ～四万十町中央 IC）が開通　・日本初：大規模堤体切削を伴う長安口ダム改造事業　・四国地震防災基本戦略の進捗状況　・四国地整が新型排水ポンプ車（高揚程型）を導入など

■ 九州支部

■第 2 回情報化施工技術講習会
月　日：7 月 9 日（火）
出席者：田上事務局長ほか 24 名
内　容：①座学講習…国交省の情報化施工への取組み，情報化施工技術について　②実技研修…TS による出来形管理，TS・GNSS によるタイヤローラ転圧管理，ブルドーザマシンコントロール，バックホーガイダンス，工事

安全管理システム

■第 3 回情報化施工技術講習会

月　日：7 月 11 日（木）

出席者：田上事務局長ほか 42 名

内　容：①座学講習…国交省の情報化施工への取組み，情報化施工技術について　②実技研修…TS による出来形管理，TS・GNSS によるタイヤローラ転圧管理，ブルドーザマシンコントロール，バックホーガイダンス，工事安全管理システム

■第 3 回企画委員会

月　日：7 月 25 日（木）

出席者：久保田正春企画委員長ほか 6 名

議　題：①橋梁架設・大口径岩盤削孔積算講習会結果について　②労働安全衛生規則の改正について　③施工技術検定学科試験結果及び実地試験について　④第 2 回・第 3 回情報化施工講習会結果について

編集後記

土工特集は，2009 年 3 月号以来 4 年半ぶりとなります。その間に世の中は大変動に見舞われ，民主党政権樹立による政策転換があり，建設業界にも大波乱がありました。また，東日本大震災，原発事故と未曾有の大災害にも見舞われ，その復旧・復興事業に追われています。明るい話題としては，ハヤブサ帰還やなでしこジャパンの W 杯優勝，山中教授のノーベル賞受賞等があり，国民的感動と興奮が列島を包みました。

土工関係では，道路土工指針が改定され，土工機械の排出ガス対策や情報化施工も大きく推進されました。また，世界的には中国の台頭と資源開発ブームの波が建機マーケットを襲い，グローバルアライアンスを更に推し進めています。テレックスが鉱山部門を身売りし，それを買収したビサイラスをすぐさまCAT が吸収するという激震があり，マイニング用超大型建機のブランドが幾つか消滅してしまいました。

さて，今月号の巻頭言は建山教授に ICT を導入した土工の現況を「進化する土工」と題して要約して頂き，行政情報では，建設ロボット技術に関する懇談会の提言と経産省における公共・防災ロボット等の施策を執筆頂き，情報化・無人化・自動化・ロボット化等に関する国の方向性を示して頂きました。

無人化施工については，当初の雲仙普賢岳復旧工事以来，無人化施工に従事している吉田氏に技術的総括を，作業効率に関するフィールド実験結果を土研の方々に報告頂きました。また，東日本大震災復旧工事で活躍し，無人化の嚆矢でもある水陸両用ブルの災害復旧工事事例とそのオーバホールの苦労話（ずいそう）も載せることができました。

土工で重要な締固めの情報化に関しては，NEXCO で規定化されたローラ加速度応答法と「岩塊盛土の今昔」の中で執筆頂きました。自動化技術では，重掘削が可能なドージング自動制御の報文が注目です。その他にも新方式の油圧ハイブリッドシステムや新しい振動機構をもつエキセントリックリッパ，国産最大の AC 駆動 290tRDT の開発等，トピック的な話題を取り上げることができました。また，国内では生産中止になったが，老骨に鞭打ち頑張っているスクレープドーザの記録を残すため，その開発略史と近況を掲載しました。交流の広場は自律型模型飛行機による航空写真測量の紹介です。

最後となりましたが，本誌の編集に当たっては，機械土工に関して我が国を代表する諸機関や泰斗の方々にご執筆をお願い致しました。ご多忙中にもかかわらず，快くご執筆を引き受けて下さいました皆々様に，心より御礼を申し上げます。

（岡本・原）

10 月号「都市環境の整備向上，都市基盤整備特集」予告

- 都市の低炭素化の促進に関する法律 エコまち法
- 木密地域不燃化 10 年プロジェクト及び不燃化特区制度の概要
- 航空機荷重に対応した供用トンネルの補強 成田国際空港 木の根トンネル補強工事
- 阪神高速道路における鋼床版 I 桁の連続化工事
  短期集中工事期間内に高速道路を 1 支承線化し連結
- 高強度 PRC 版を用いた道路修繕工事
- 都市部における大規模掘削工事の“見える化”施工
- 鉄道営業線開削トンネルにおける既設構造物の撤去
  東京地下鉄有楽町線小竹向原・千川間連絡線設置工事 向原工区
- 列車運行時間帯における立体交差工事の施工
  高崎線桶川・北本間二ツ家こ道橋新設工事で地盤切削 JES 工法を施工
- ヒートアイランド対策の超保水性インターロッキングブロック
  高い保水機能を有するレインボーエコロブロック Biz の効果実証
- 都市土木における環境負荷低減対策
- 東急東横線渋谷駅～代官山駅間地下化切替工事 線路直下地下切替工法「STRUM（ストラム）」
- 久喜白岡ジャンクション C ランプ第 2 橋の架設 大型多軸台車を用いた橋梁上からの一括架設
- 並走するシールドトンネルを非開削で一本化 大橋連結路
- 川口市雨水排水設備，小土被り上下 2 段近接大口径推進

建設機械施工
Journal of JCMA

第 65 巻第 9 号（2013 年 9 月号）（通巻 763 号）
Vol. 65 No. 9 September 2013
2013（平成 25）年 9 月 20 日印刷
2013（平成 25）年 9 月 25 日発行（毎月 1 回 25 日発行）
編集兼発行人 辻 靖三
印 刷 所 日本印刷株式会社

発行所 一般社団法人 日本建設機械施工協会
〒105-0011 東京都港区芝公園 3 丁目 5 番 8 号 機械振興会館内
電話（03）3433-1501；Fax（03）3432-0289；http://www.jcmanet.or.jp/

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大渕 3154	電話（0545）35-0212
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8	電話（011）231-4428
東北支部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町 16-1	電話（022）222-3915
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1	電話（025）280-0128
中部支部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10	電話（052）962-2394
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話（06）6941-8845
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話（082）221-6841
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話（087）821-8074
九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30	電話（092）436-3322

クレーン，搬送台車，建設機械，特殊車輌他
産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。
日本国内 自社自力生産・直接修理を実践中！

ポケットサイズ ハンディ ～ ショルダー機
フルラインアップ!!
ケーブレス　サテレータ　離操作（リソーサー）

Nシリーズ 微弱電波
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力
ボーバ 防爆形無線機

- 業界随一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- 迅速なメンテナンス体制！
- 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！代々互換性を継承、補修の永続制

チップケーブレス Nシリーズ
コンパクトという選択肢!!

微弱電波モデル対応
標準型 RC-3208N
●8操作 8リレー
セットで 12.6万円

片手で握り替えずに正逆操作が行えます！
チップ部品採用でポケットサイズ化
トコトン機能を絞ってコストダウン
アルカリ乾電池なら連続使用6時間以上
高い防水性能
送信機はIP65
ボタン部の突起 ボタン間の仕切 一体型のシリコンカバーで操作性が向上
従来機と信号互換あり！
受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

ケーブレスミニ N/Rシリーズ
ポケットサイズの本格派！

微弱電波・ラジコンバンド 両モデル対応
●微弱Nシリーズは、240MHz化でより安定した電波の飛び！
●2段押しスイッチ追加可能！（オプション）
●3操作3リレー 最大5リレーまで対応可能

特許！ テルハにはゼロ線電源*で電気配線工事 不要!! 更に、おんぶ/だっこ金具*で取付簡単!!（*オプション）
取付例

標準型 RC-4303N/R
セットで 10.5万円

離操作（リソーサー） N/U/Gシリーズ
価格もサイズもハンディー並み！

微弱電波・特定小電力 両モデル対応
2段押し・特殊スイッチ装着可能
標準型 RC-2512N
セットで 23.1万円
●12操作12リレー 最大32リレーまで対応可能
●見易くなった電池残量告知ランプ付

軽量コンパクトショルダータイプ

データケーブレス
工夫次第で用途は無限！

微弱電波・特定小電力 ラジコンバンド 全モデル対応
N/R/U/G シリーズ
●機器間の信号伝送に！
●多芯の有線配線の代わりに！
標準型 セットで
TC-1305R　21.525万円
TC-1308N(微弱電波)　23.1万円

送信機（外部接点入力型）

写真はUシリーズ

7100型
6300型
5700型
3200型
受信機

MAXサテレータ Uシリーズ Gシリーズ
特定小電力専用モデル
ジョイスティック特殊スイッチ装着可能
金属シャーシの多操作・特注仕様専用機!!
全押しボタン装着タイプ
RC-9300U
●多機能多操作（比例制御対応も可）
セットで 99.75万円

無段変速ジョイスティック2本装着例

無線式火薬庫警報装置 発破番（はっぱばん） ES-2000R
標準付属品付セットで 42万円

ER-2000R（受信機）　ET-2000R（送信機）

- ●長距離伝送 到達距離約2km～（6km）
- ●受信機から電話回線接続機能
- ●高信頼性 異常判定アルゴリズム
- ●音声メッセージで異常箇所を連絡（受信側）
- ●大音量警鳴音発生 110dB/m

無線化工事のことならフルライン,フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。 朝日音響 検索

常に半歩、先を走る　ベンチャー企業創出支援投資　対象企業

AO 朝日音響株式会社
〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX:088-694-5544(代) TEL:088-694-2411(代)
http://www.asahionkyo.co.jp/

平成25年9月25日発行
（毎月1回25日）通巻763号

雑誌 03435−9

4910034350933
00800

「建設機械施工」　定価　一部　八四〇円　本体価格八〇〇円